المرجع الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية

المرجع الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية

م. عبداللطيف والي الجياشي

التصنيف: زراعة

الطبعة: الأولى

التنسيق الداخلي: فلاح العيساوي

تصميم الغلاف: خالد خضير

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق في بغداد (1099) لسنة 2026م

ISBN : 978-9922-8037-7-7

دار توليب للطباعة والنشر والتوزيع

العراق - بغداد - شارع المتنبي

هاتف: 07718742736

dartulip2025shop@gmail.com

م. عبداللطيف والي الجياشي

المرجع الحديث
في المحاصيل الحقلية العلفية

٢٠٢٦

٢ / ٦٣٣
ج ٩٢٥ الجياشي ، عبداللطيف والي
المرجـع الحـديث في المحاصـيل الحقليـة العلفيـة / عبداللطيف والي الجياشي
ط١ :- بغداد : دار توليب ، ٢٠٢٦ .
٢٣٩ ص ؛ ١٧ × ٢٤ سم .
١- المحاصيل الحقلية- الأعلاف - أ- العنوان .

رقم الإيداع
١٠٩٩ / ٢٠٢٦

المكتبة الوطنية / الفهرسة أثناء النشر

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق في بغداد (1099) لسنة 2026م

الفهرس

الفهرس

الفهرس

الإهداء

إلى سَدنةِ العلمِ ورُوّادِ المعرفة..

إلى الذين لم يبخلوا يوماً بقطرة من بحرِ عِلمهم، ولا بضياءٍ من قناديلِ فكرهم ..إلى أساتذتي الأجلاء في كلية الزراعة - جامعة المثنى، وفي كل صروح العلم العريقة في عراقنا الحبيب..

أهديكم هذا العمل المتواضع، ثمرةً غَرستُم بذورها بأيديكم الكريمة، وسقيتُموها بفيضِ نُصحكم وصبركم، حتى استوت على سوقها. لقد كنتم لي دائماً المنارة التي تُرشدني في لُجج البحث العلمي، والقُدوة التي تلهمني بأن العِلم رسالةٌ قبل أن يكون مهنة، وأن الزراعة هي نبض الأرض وعنوان بقائها.

إليكم اساتذتي أرفعُ أسمى آيات الشكر والعرفان، داعياً المولى عز وجل أن يبارك في علمكم وأعماركم، وأن يجعل هذا الجهد في ميزان حسناتي وحسناتكم، فما هذا الكتاب إلا صدىً لأصواتكم، واقتباسٌ من نوركم.

إلى مَنبعِ الحنانِ وملاذي الآمن.. إلى عائلتي وأهلي الكرام ..إلى مَن دعاؤهم يحيطني، ومحبتهم تسندني.. أنتم السند الحقيقي والدافع الأكبر لكل نجاح حققته، ولولا فضل الله ثم دعمكم اللامحدود وصبركم الجميل، لما رأى هذا العمل النور.

إلى رفقاء الدرب الاوفياء .. أصدقائي الأعزاء ..إلى الذين تقاسمتُ معهم عناء الدراسة وشغف المعرفة، كنتم نعم العون والتحفيز في كل مراحل هذا المشوار.

إليكم جميعاً، أهدي هذا المرجع العلمي، سائلاً المولى عز وجل أن يجعله علماً يُنتفع به، وأن يديمكم لي ذخراً وفخراً.

بكل الود والامتنان..

عبداللطيف والي الجياشي

المقدمة :

الحمد لله الذي جعل من الماء كل شيء حي، وأنبت من الأرض جنات ومعايش للناس والأنعام، والصلاة والسلام على معلم البشرية الأول، وعلى آله الطيبين الطاهرين وصحبه المنتجبين .. وبعد:

تعد المحاصيل الحقلية العلفية الركيزة الأساسية التي يقوم عليها قطاع الإنتاج الحيواني، والمحرك الجوهري لتحقيق الأمن الغذائي في مفهومه الشامل. ومع تسارع التغيرات المناخية وشح الموارد المائية، بات لزاماً على المؤسسات الأكاديمية والبحثية، ولاسيما كليات الزراعة في عراقنا العزيز، أن تقدم رؤى علمية تتجاوز الأطر التقليدية إلى آفاق الحداثة والاستدامة.

يأتي كتاب المرجع الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية ليكون استجابةً منهجية لهذا التحدي، ومحاولة جادة لسد الفجوة المعرفية في المكتبة الزراعية العربية. لقد صُممت صفحات هذا المرجع لتكون دليلاً جامعاً يرافق طالب الدراسات الأولية في رحلته لاكتشاف أساسيات هذا العلم، وفي الوقت ذاته، مصدراً رصيناً ينهل منه طالب الدراسات العليا والباحث الأكاديمي، بما يحتويه من تعمق في تحليل الظواهر، وربط دقيق بين البيئة والوراثة والإنتاج.

لقد حرصنا في هذا العمل على الموازنة بين أصالة المعلومة وحداثة التطبيق، مستندين إلى الرصيد العلمي الثر للجامعات العراقية، ومستلهمين من التجارب البحثية الميدانية في بيئاتنا المحلية – كبيئة جامعة المثنى وغيرها – ما يضمن ملامسة الواقع الزراعي بخصوصيته وتحدياته. فالعلم لا يكتسب قيمته الحقيقية إلا حين يتحول من نظريات مسطورة إلى نتائج مثمرة في قلب الحقل.

إن هذا الكتاب هو صياغة فكرية تهدف إلى تنمية الملكة العلمية لدى القارئ، وتحفيزه على البحث والتقصي في أدق تفاصيل المحاصيل العلفية، من فسيولوجيا النمو إلى تقنيات التحسين الوراثي، وصولاً إلى الإدارة الحقلية المثلى.وإذ نضع هذا الجهد المتواضع بين أيديكم، نرجو أن يكون لبنةً في بناء النهضة الزراعية المنشودة، ومناراً يضيء دروب العلم للطلاب والباحثين نحو مستقبل زراعي واعد.

المؤلف

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

الفصل الأول

ماهية محاصيل العلف(الأصول البيولوجية والأبعاد الاستراتيجية)

مدخل إلى علم المحاصيل العلفية

تعد المحاصيل العلفية من العناصر الأساسية في النظام الزراعي، خاصةً في تربية المواشي والدواجن، حيث تشكل المصدر الرئيسي للألياف والمواد الغذائية الضرورية لنمو الحيوانات وإنتاج الحليب واللحوم. ويهتم علم المحاصيل العلفية بدراسة جميع الجوانب المتعلقة بهذه النباتات، بدءًا من تصنيفها النباتي، مرورًا بخصائصها الزراعية والبيئية، وانتهاءً بتقنيات زراعتها وإدارتها بشكل مستدام لتحقيق أعلى إنتاجية ممكنة.

وتكمن الأهمية العلمية لهذا القطاع في كونه الجسر الرابط بين الإنتاج النباتي والإنتاج الحيواني، إذ أن فهم السلوك الفسيولوجي للمحصول في الحقل ينعكس مباشرة على كفاءة التحويل الغذائي داخل جسم الحيوان. فالمحصول العلفي في جوهره ليس مجرد كتلة حيوية تُحصد، بل هو منظومة بيولوجية معقدة تختص بتراكم المادة الجافة عبر مسارات كيميائية حيوية تهدف إلى تعظيم محتوى الخلايا من البروتينات والكربوهيدرات والدهون والفيتامينات. إن إدارة هذه المنظومة تتطلب إدراكاً عميقاً للعلاقة بين العوامل الوراثية للصنف والظروف البيئية المحيطة، وهو ما يُعرف بالتفاعل الوراثي البيئي، خاصة في بيئات العراق التي تمتاز بالإجهادات الحرارية والمائية المرتفعة.

كما يتسع مفهوم علم المحاصيل العلفية ليشمل دراسة ديناميكية النمو ومعدلات تراكم الألياف، حيث يهدف الباحث في هذا المجال إلى ضبط التوازن الدقيق بين زيادة الحاصل الخضري وبين الحفاظ على جودة الأنسجة النباتية من حيث قابليتها للهضم والاستساغة. فمع تقدم النبات نحو المراحل التكاثرية، تحدث تحولات كيميائية في جدران الخلايا تؤدي إلى ترسيب اللجنين والمواد الخشبية، مما يقلل من القيمة الغذائية، وهنا تبرز أهمية الإدارة التقنية في اختيار مواعيد الحش المثالية التي تضمن أعلى عائد من الطاقة القابلة للتمثيل لكل وحدة مساحة.

علاوة على ذلك، يضطلع هذا العلم بدور محوري في استدامة الموارد الطبيعية وحماية البيئة، فالمحاصيل العلفية، وبحكم طبيعة نموها الكثيف ومجموعةا الجذري المتشعب،

تعمل كمثبتات طبيعية للتربة، مما يحد من ظواهر التعرية الريحية والمائية، وهي مشكلة جوهرية في المناطق الصحراوية في العراق والوطن العربي كبادية المثنى مثلا . كما أن إدخال البقوليات العلفية في الدورات الزراعية يساهم في إثراء المحتوى النيتروجيني للتربة بفعل التثبيت الحيوي، مما يقلل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية ويحد من الانبعاثات الكربونية المرتبطة بصناعتها. إن هذا التوجه نحو الزراعة الذكية يجعل من محاصيل العلف ركيزة أساسية في مواجهة التغيرات المناخية، وضمان ديمومة الأمن الغذائي الحيواني من خلال استنباط أصناف وتقنيات تتواءم مع شح المياه وتملح التربة، مما يجعل البحث في هذا العلم ضرورة استراتيجية تتجاوز المفاهيم التقليدية للزراعة.

تعريف المحاصيل العلفية وأهميتها

المحاصيل العلفية هي النباتات التي تُزرع أساسًا لغرض استخدامها كعلف مباشر للحيوانات، سواء كانت طازجة، مجففة على شكل تبن، أو بعد تحويلها إلى أعلاف مركزة. وتشمل هذه المحاصيل الأعشاب الحقلية، البقوليات العلفية، وأحيانًا النباتات الجذرية أو النشوية. وتتميز المحاصيل العلفية بسرعة نموها وقدرتها على إنتاج كميات كبيرة من الكتلة الحيوية، مما يجعلها خيارًا اقتصاديًا وفعالًا للمزارعين.

تلعب المحاصيل العلفية دورًا مهمًا في الحفاظ على استقرار الإنتاج الحيواني، إذ أنها تساهم في تحسين نوعية الحليب ولحم الحيوانات، وتزيد من معدل تكاثر المواشي، كما تساعد في تقليل الاعتماد على الأعلاف المستوردة. بالإضافة إلى ذلك، تساهم هذه المحاصيل في تحسين خصوبة التربة وزيادة محتواها من المادة العضوية عند إدارتها بشكل صحيح، وتقلل من خطر التعرية والتصحر عند استخدامها في تغطية التربة.

التأصيل اللغوي والاصطلاحي

أولاً: في اللغة والاشتقاق:

كلمة علف (Forage) في المعاجم العربية تدور حول معنى القوت أو الطعام المخصص للدواب. يُقال: علَف الدابة أي قدّم لها الغذاء لتسمن وتتقوى. وفي اللغات اللاتينية، تعود كلمة *Forage* إلى الجذور القديمة التي تعني المؤونة أو الزاد، مما يعكس الأهمية التاريخية لهذه المحاصيل كخزين استراتيجي لديمومة وبقاء البشرية.

ثانياً: الاصطلاح العلمي الحديث:

يُعرف المحصول العلفي اصطلاحاً بأنه أي مجموع خضري نباتي، سواء كان طازجاً أو محفوظاً، يمتلك خصائص كيميائية وفيزيائية تسمح للحيوان بتحويله إلى منتج حيوي (حليب، لحم، صوف) دون إحداث أضرار فسيولوجية (المنصوري، 2023)

ان استراتيجية النجاح في إنتاج المحاصيل العلفية تحت ظروف المناطق الجافة تقتضي الموازنة الدقيقة بين 'كمية الإنتاج' و'الجودة الكيميائية' للمحصول. فالمحصول الذي يحقق الكفاءة المطلوبة هو الذي يجمع بين غزارة الحاصل الخضري وبين المحتوى المرتفع من البروتين والسكريات، مع الحد من زيادة الألياف الخشبية (اللجنين) ويُعد هذا التوازن الضمانة الأساسية لتحقيق استساغة عالية لدى الحيوان ومعامل هضم مرتفع، مما يؤدي في النهاية إلى تعظيم الكفاءة التحويلية للغذاء.

تصنيف المحاصيل العلفية

يمكن تصنيف المحاصيل العلفية إلى فئات رئيسية بحسب طبيعة نموها واستخدامها الغذائي:

1. **الأعشاب الحقلية :وهي نباتات معمرة أو موسمية تنتمي إلى عائلة النجيلية (Poaceae)، وتستخدم عادة في الرعي أو الحصاد لإنتاج التبن. من أمثلتها: الشعير، البرسيم الحجازي، الذرة العلفية.**
2. **البقوليات العلفية :تنتمي إلى عائلة البقوليات(Leguminosae) ، وتمتاز بقدرتها على تثبيت النيتروجين الجوي في التربة، مما يحسن خصوبتها. من أمثلتها: البرسيم، الفصة، واللوبيا العلفية.**
3. **المحاصيل المختلطة أو المدمجة :وهي عبارة عن مزيج من الأعشاب والبقوليات لتحقيق توازن غذائي أفضل للحيوانات، مثل خلط البرسيم مع الشعير أو الذرة.**

أهداف دراسة المحاصيل العلفية

تهدف دراسة المحاصيل العلفية إلى:

1. **تحسين إنتاجية العلف وجودته.**
2. **اختيار الأصناف الأنسب للظروف البيئية المختلفة، مثل الجفاف والملوحة.**
3. **تطوير نظم زراعية مستدامة تقلل من التأثيرات السلبية على البيئة.**
4. **دعم الأمن الغذائي الحيواني وتقليل التكاليف الاقتصادية لإنتاج اللحوم والحليب.**

يعد فهم العوامل المؤثرة على نمو المحاصيل العلفية أمرًا أساسيًا لتحقيق أفضل إنتاجية. من أهم هذه العوامل:

نوع التربة وخصوبتها،المناخ ودرجة الحرارة، توفر المياه، التقنيات الزراعية المستخدمة، وأساليب الري والتسميد. كما تلعب مقاومة الأمراض والآفات دورًا مهمًا في استقرار الإنتاج.

المقارنة الكيميائية الحيوية والقيمة الغذائية لاهم محاصيل العلف:

يوضح الجدول التالي الفروقات الجوهرية في المحتوى الكيميائي لاهم محاصيل العلف في المنطقة بناءً على معايير التقييم الغذائي العربي (المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة - أكساد، 2021)

المحصول	البروتين الخام (CP%)	الألياف الكلية (NDF%)	الطاقة الممثلة	معامل الهضم (%)
الجت(البرسيم الحجازي)	18 - 22	35 - 45	10.5	65 - 72
البرسيم المصري	14 - 17	40 - 50	8 -9	68 - 75
الذرة البيضاء	8 - 11	55 - 65	11 - 2	55 - 62
الشعيرالعلفي (الأخضر)	12 - 14	45 - 55	10.2	60 - 68

الفسلجة الإجهادية وتأثيرها على الجودة (رؤية عربية مشتركة)

تشير الأبحاث في كليات الزراعة العربية إلى أن الإجهاد البيئي يفرض تحولاً كيميائياً حيوياً:

1. **البرولين والنيتروجين الدفاعي:**

تحت ظروف الجفاف، تقوم الذرة البيضاء بتجميع الحمض الأميني البرولين. ويشير بكر (2019 (في دراسات الكيمياء النباتية إلى أن هذا التراكم يعمل كمنظم أوزموزي يحمي البروتينات الوظيفية من المسخ الحراري.

2. **ظاهرة التلجنن (Lignification) والحرارة:**

تؤدي درجات الحرارة المرتفعة في الصيف العربي إلى تسريع تكوين اللجنين. وقد أكد الباحثون في جامعة الحسن الثاني بالمغرب (2022) أن الربط الكيميائي بين اللجنين والسليلوز يقلل من معامل الهضم، مما يستوجب الحش المبكر للحفاظ على ليونة الأنسجة وكفاءة الطاقة.

3. كفاءة تمثيل الكربون (C_4)

تتفوق الذرة البيضاء والدخن فسيولوجياً بامتلاكها مسار الكربون الرباعي، مما يمنحها قدرة على الاستمرار في البناء الضوئي بفاعلية عالية تحت ظروف الإشعاع الشمسي القوي في الصحاري العربية.

الاستنتاجات والتوصيات الاقتصادية

إن استدامة الإنتاج العلفي العربي تتطلب الدمج بين الأصناف المتأقلمة والإدارة الفسيولوجية المتقدمة:

- **اقتصادياً :يُعد الجت الاستثمار الأكثر استقراراً في المشروعات الكبرى (السعودية ومصر نموذجاً) لكونه محصولاً معمراً.**
- **بيئياً :تُعد الذرة البيضاء صمام الأمان في مواجهة التغير المناخي لقلة احتياجها المائي وتعدد أغراض استخدامها (علف وحبوب)**

الأهمية الاستراتيجية لمحاصيل العلف

لا تنحصر أهمية محاصيل العلف في قيمتها الغذائية المباشرة، بل تمتد لتشمل أدواراً محورية في استدامة النظم الزراعية:

1 - الدور الفسيولوجي والبيئيEcological Role))

تعتبر المحاصيل البقولية العلفية (مثل الجت والبرسيم) رئة التربة. تشير الدراسات الحديثة إلى أن كفاءة العقد البكتيرية في تثبيت النيتروجين الجوي تزداد عند اتباع دورات زراعية محكمة، مما يقلل من الانبعاثات الكربونية الناتجة عن صناعة الأسمدة الكيماوية ويحسن من بناء التربة (عبيس وآخرون، 2022) .

2 - الأهمية الاقتصادية والأمن الغذائي:

في العراق، يشكل العلف الأخضر الركن الأساسي في كلفة الإنتاج الحيواني. إن العجز في إنتاج الأعلاف يؤدي مباشرة إلى اختلال موازين الأمن الغذائي وارتفاع أسعار

البروتين الحيواني، مما يجعل تطوير هذا القطاع ضرورة وطنية لتحسين كفاءة الإنتاج لكل وحدة مساحة (سلطان، 2025)

3 - صيانة التربة واستدامة الموارد:

تعمل المحاصيل العلفية كغطاء نباتي كثيف يقلل من الانجراف الريحي والمائي، ويزيد من المادة العضوية في التربة، مما يعزز من قدرة الأرض على الاحتفاظ بالرطوبة في المناطق الصحراوية وبادية السماوة (حسين، 2022)

التصنيف المتقدم لمحاصيل العلف

يعد التصنيف العلمي الدقيق حجر الزاوية في فهم سلوك المحصول وإدارته الحقلية ويشمل ثلاث تصنيفات هي :

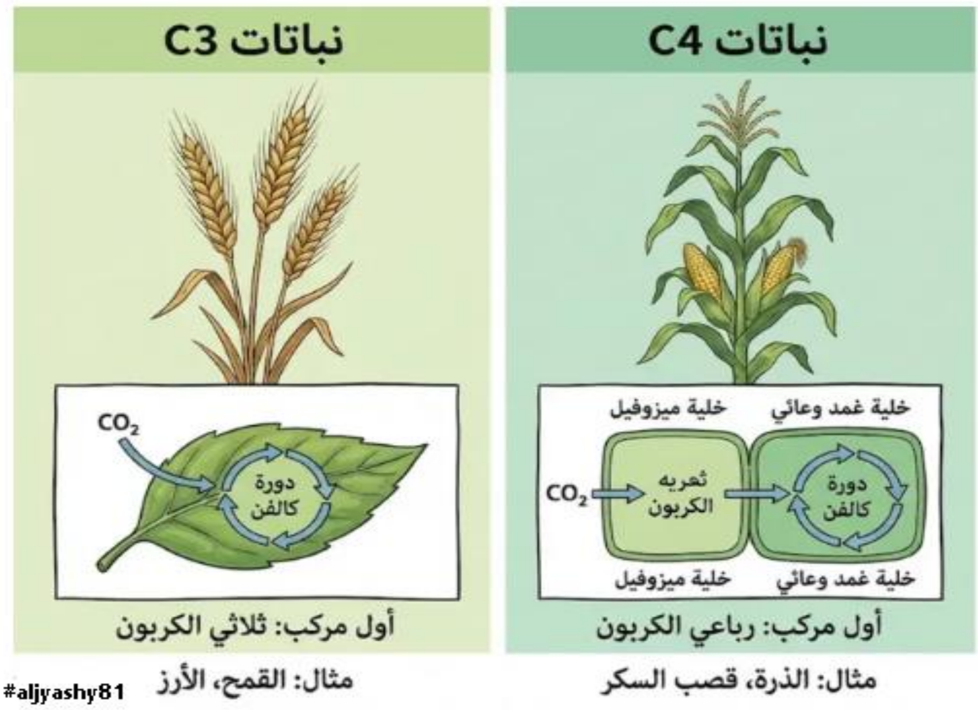
أ- التصنيف الكربوني

ب- التصنيف الكيميائي-الحيوي

ج- التصنيف حسب دورة الحياة

أ- التصنيف الكربوني (C_3 vs C_4)

يعتمد التصنيف الكربوني للنباتات على طبيعة أول مركب كيميائي مستقر ينتج عن عملية تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) خلال دورة الكربون في التمثيل الضوئي. هذا التصنيف ليس مجرد تمييز كيميائي، بل هو انعكاس للتكيف التطوري للنبات مع الظروف البيئية، خاصة الحرارة وشدة الإضاءة وتوفر المياه، وهي عوامل جوهرية في البيئة الزراعية العراقية.



1 - نباتات ثلاثية الكربون(C_3 Plants)

تُعد هذه المجموعة هي الأكثر شيوعاً، وتضم محاصيل حقلية استراتيجية في العراق مثل الحنطة، الشعير، والرز.

- **آلية التثبيت :يتم تثبيت CO_2 مباشرة بواسطة إنزيم روبيسكو (Rubisco) في دورة كالفن(Calvin Cycle)**
- **المركب الأول :ينتج مركب ثلاثي الكربون وهو حمض الفوسفوغليسيريك (3 - PGA)**
- **نقطة الضعف الفسيولوجية :تعاني هذه النباتات من ظاهرة التنفس الضوئي (Photorespiration)، حيث يقوم إنزيم روبيسكو باستهلاك الأكسجين بدلاً من CO_2 عند ارتفاع درجات الحرارة، مما يؤدي إلى فقدان جزء من الطاقة والكربون المثبت، وهو ما يفسر انخفاض إنتاجية الحنطة عند موجات الحر المبكرة في نيسان.**

2 . نباتات رباعية الكربون(C_4 Plants)

تضم هذه المجموعة محاصيل ذات كفاءة عالية في استخدام الموارد مثل الذرة الصفراء، الذرة البيضاء، وقصب السكر.

- **آلية التثبيت :تعتمد مسار هاتش-سلاك (Hatch-Slack pathway) يتم تثبيت CO_2 أولاً في خلايا الغلاف الميزوفيلي بواسطة إنزيم-PEP) (carboxylase الذي يمتلك ألفة عالية جداً للـ CO_2 -**
- **المركب الأول :هو مركب رباعي الكربون حمض الأوكسالواسيتيك OAA))**
- **التكيف التشريحي (Kranz Anatomy) تمتاز بوجود تشريح كرانز، حيث تُنقل المركبات الرباعية إلى خلايا غلاف الحزمة الوعائية (Bundle Sheath Cells) ليتم تحرير CO_2 هناك بتركيز عالٍ، مما يمنع حدوث التنفس الضوئي تماماً.**

المقارنة الكيميائية-الحيوية والفسيولوجية

يمكن تلخيص الفروقات الجوهرية في الجدول التالي:

وجه المقارنة	نباتات) C3 مثل الحنطة	نباتات) C4 مثل الذرة
الإنزيم المثبت الأول	Rubisco	PEP-carboxylase
أول مركب ثابت	-(3PGA ثلاثي الكربون)	(OAA رباعي الكربون)
التنفس الضوئي	مرتفع (يقلل الكفاءة)	معدوم تقريباً
درجة الحرارة المثلى	15°C - 25°C	30°C - 45°C
كفاءة استخدام الماء	منخفضة	عالية جداً
نقطة التعويض الضوئي	عالية 70-30 ppm	منخفضة جداً 0-10- ppm

الأهمية البيئية والإنتاجية في العراق

نركز على هذا التصنيف لأسباب تطبيقية عديدة لعل ابرزها التالي:

1. تحمل الإجهاد الحراري :تتفوق نباتات C_4 في الصيف العراقي لقدرتها على البناء الضوئي في درجات حرارة تتجاوز 40°C دون فقدان الكربون عبر التنفس الضوئي.

2. كفاءة استخدام المياه (WUE) تستطيع نباتات C_4 إبقاء ثغورها مغلقة جزئياً لتقليل النتح مع الحفاظ على معدل تثبيت كربون عالٍ، مما يجعلها مثالية لخطط الري المقتن في مناطق مثل بادية المثنى.

3. وفي مجال تربية النبات المتقدمة يسعى العلماء عالمياً (وهو ما يُدرس في المناهج العليا) لنقل جينات مسار C_4 إلى نباتات C_3 مثل الرز لرفع إنتاجيتها بمقدار يصل إلى 50%.

ولا يفوتنا ان نذكر ان التصنيف الكربوني يُعد معياراً حاسماً في اختيار التركيب المحصلي للمنطقة. فبينما تنجح نباتات C_3 كعروة شتوية في العراق، تظل نباتات C_4 هي الأنسب للعروات الصيفية بفضل تفوقها الكيميائي-الحيوي في إدارة جزيئات الكربون والطاقة. نوصي دائماً في برامج التربية بالتركيز على تحسين كفاءة الكربكسلة أي قدرة النبات (أو إنزيم RuBisCO) على تثبيت ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) وتحويله إلى مركبات كربوهيدراتية خلال عملية التمثيل الضوئي. في أصناف الحنطة المحلية لتقليل آثار التنفس الضوئي الضار.

ب- التصنيف الكيميائي-الحيوي (Biochemical Class)

يتم تصنيف المحاصيل بناءً على محتواها من الكربوهيدرات الذائبة (WSC) والبروتين الخام (CP) والألياف(NDF/ADF) ، وهو تصنيف يربط بين علم المحاصيل وعلم القيمة الغذائية، ويخدم الباحثين في تحديد مواعيد الحش المثالية)جبر، 2021) وتنبثق القيمة المنهجية لهذا التصنيف من كونه المعيار الفسيولوجي الدقيق الذي يحدد الهوية الكيميائية للمحصول العلفي، حيث يتجاوز التقييم الكمي للمادة الجافة إلى تحليل النوعية المرتبطة بمدى كفاءة التمثيل الغذائي داخل أنسجة النبات ومدى قابليتها للتحول الحيوي داخل القناة الهضمية للحيوان.

إن الجوهر البيوكيميائي لهذا التصنيف يعتمد أساساً على التمييز الدقيق بين محتويات الخلية (Cell Contents) وسهولة وصول الإنزيمات الهاضمة إليها، وبين مكونات الجدار الخلوي (Cell Wall Constituents) التي تشكل العائق الهيكلي أمام الهضم. فبينما تمثل الكربوهيدرات الذائبة والبروتين الخام مصادر الطاقة والنمو المباشرة، تُمثل الألياف (السليلوز، الهيميسليلوز، واللجنين) الدعامة الفيزيائية للنبات. ويعد فهم النسبة بين هذه المكونات حاسماً في تقدير معامل الهضم الحقيقي، حيث إن الارتفاع في نسبة الألياف الذائبة في المنظف الحامضي (ADF) يُعد مؤشراً حيوياً على زيادة ترسب

اللجنين، وهو مركب بولي ميري معقد يرتبط بالسليلوز بروابط تساهمية قوية تمنع الكائنات المجهرية في الكرش من تفكيكها، مما يجعل هذا التصنيف أداة رقابية لمتابعة نضج المحصول فسيولوجياً.

علاوة على ذلك، يمتد هذا التصنيف ليشمل تحليل الأحماض الأمينية والنيتروجين غير البروتيني، وهو ما يتيح للباحثين في كليات الزراعة فهم ديناميكية البروتين في النبات. ففي المحاصيل البقولية، يتم التركيز على تصنيف الأصناف بناءً على محتواها من البروتين العابر (Bypass Protein) الذي يمتلك خصائص كيميائية تسمح له بمقاومة التحلل السريع في الكرش، مما يضمن وصوله إلى الأمعاء الدقيقة للحيوان لتحقيق أقصى استفادة بيولوجية. ومن الناحية الفسيولوجية، يرتبط تراكم الكربوهيدرات الذائبة (WSC)بمعدلات التمثيل الضوئي الصافية وتراكم الفركتوزان في السيقان، وهي المكونات التي تمنح العلف استساغة عالية وتدعم عمليات التخمر اللاكتيكي المثالية عند حفظ الأعلاف بطريقة السيلاج.

وفي سياق البحث العلمي المتقدم، يتم توظيف هذا التصنيف للكشف عن المركبات الأيضية الثانوية مثل التانينات والفينولات، والتي تؤثر بشكل مباشر على جودة البروتين، إذ أن وجودها بتراكيز متزنة يمنع حدوث حالات النفاخ لدى الحيوانات المجترة، لكن زيادتها قد تعيق الامتصاص. لذا، فإن الربط الكيميائي الحيوي يوفر قاعدة بيانات تمكن الباحث من انتخاب السلالات التي توازن بين الإنتاجية العالية والمحتوى الكيميائي المتزن.

إن هذا التصنيف يمثل في حقيقته بصمة جزيئية تتيح رسم خرائط زمنية دقيقة لعمليات الحصاد، تضمن الحصول على ذروة العناصر الغذائية قبل أن تبدأ عمليات التلجنن (Lignification)والتحول نحو الأنسجة الخشبية، مما يجعل منه ركيزة استراتيجية في تطوير قطاع الإنتاج الحيواني في البيئات المجهدة.

المحور الأول: المفهوم الفلسفي لهذا التصنيف (Neotaxonomy)

يُعرف التصنيف الكيميائي-الحيوي (Chemotaxonomy) بأنه العلم الذي يستخدم الجزيئات الكيميائية كأدلة وراثية لتحديد العلاقات التطورية بين النباتات. في كليات الزراعة المتقدمة، لم يعد التصنيف يقتصر على شكل الورقة، بل انتقل إلى شفرة المركب.

- **الأدلة الجزيئية الصغرى: مثل الأحماض العضوية، السكريات، والأحماض الأمينية الحرة.**
- **الأدلة الجزيئية الكبرى: مثل تتابعات الأحماض النووية (DNA) والبروتينات المعقدة. تكمن أهمية هذا النوع من التصنيف في ثبات البصمة الكيميائية نسبيًا مقارنة بالصفات المظهرية التي تتأثر بظروف التربة والمناخ في بيئات مثل جنوب العراق.**

المحور الثاني: الواسمات الكيميائية الحيوية (Biochemical Markers)

تعتمد المجامع العلمية العالمية حالياً على ثلاث فئات من الواسمات لتعريف المحاصيل الحقلية وتصنيفها:

1 - الأحماض الأمينية والبروتينات(Proteomics)

تُعد البروتينات المخزونة في البذور (Seed Storage Proteins) من أهم الأدوات التصنيفية في محاصيل الحبوب (الحنطة والشعير) يتم استخدام تقنية SDS-PAGE لفصل هذه البروتينات:

- **الارتباط بين بروتينات الجلوتينين والجليدين :يُستخدم ليس فقط لتصنيف الأصناف، بل لتحديد جودة الخبازة.**
- **الانعكاس الجينومي :تعتبر هذه البروتينات انعكاساً مباشراً للجينوم، مما يجعل التصنيف بها قطعياً ولا يقبل الشك.**

وتكتسب هذه الواسمات البروتينية أهميتها العلمية من كونها نواتج مباشرة لعمليات التعبير الجيني التي لا تتأثر كثيراً بالتقلبات البيئية مقارنة بالصفات المظهرية. إن دراسة البروتيوميات (Proteomics) في المحاصيل الحقلية تتيح للباحثين فهم الخارطة الوراثية من خلال تحليل الحزم البروتينية التي تظهر عند إجراء التفريد الكهربائي، حيث تُمثل كل حزمة بروتينية موقعاً جينياً محدداً، مما يوفر وسيلة دقيقة لتمييز الأصناف المتشابهة مظهرياً والمختلفة وراثياً. وفي محاصيل العلف والحبوب، تبرز أهمية الجليادينات والجلوتينينات كونها تشكل الجزء الأكبر من مخزون النيتروجين في البذرة، وهي المسؤولة عن الخصائص الريولوجية للعجين في محاصيل الحبوب، والقيمة الغذائية للأعلاف الناتجة عنها.

علاوة على ذلك، يمتد التحليل البروتيومي ليشمل الأحماض الأمينية الحرة والبروتينات الوظيفية مثل الإنزيمات (Isozymes) إن التوصيف الكيميائي الحيوي المتقدم يعتمد على تتبع تسلسل الأحماض الأمينية لبناء أشجار القرابة الوراثية Phylogenetic) (Treesبين السلالات المحلية والمستوردة. ففي مختبرات كليات الزراعة، يتم التركيز على البصمة البروتينية للكشف عن التنوع الوراثي في المحاصيل العلفية، حيث أن البروتينات المخزونة تمتاز بدرجة عالية من الثبات والنوعية(Specificity) ، مما يجعلها أداة لا غنى عنها في حماية الملكية الفكرية للأصناف المستنبطة حديثاً وفي برامج التربية والتحسين.

ومن الناحية الفسيولوجية، يرتبط تراكم هذه البروتينات في البذور بكفاءة النبات في امتصاص وتمثيل النيتروجين خلال مرحلة امتلاء الحبوب. إن دراسة العلاقة بين الأحماض الأمينية الكبريتية (مثل الميثيونين والسيستين) وبين جودة المجموع البروتيني الكلي تعطي مؤشراً دقيقاً عن القيمة الحيوية (Biological Value) للمحصول. كما أن التقنيات الحديثة في علم البروتيوم تسمح بتحديد البروتينات المستحثة تحت ظروف الإجهاد المائي والملحي، وهي بروتينات وقائية تظهر في أنسجة النبات كاستجابة فسيولوجية للظروف القاسية في بيئة العراق، مما يفتح آفاقاً جديدة لتصنيف الأصناف بناءً على قدرتها التحملية ومحتواها من البروتينات الإجهادية (Stress Proteins)إن هذا الدمج بين الكيمياء الحيوية ووراثة المحاصيل يعزز من دقة القرارات الزراعية المتعلقة بإنتاج البذور وتطوير السلالات ذات القيمة الغذائية والصناعية العالية، مما يضمن ديمومة الإنتاج في ظل المتغيرات المناخية.

2 . الكيمياء النباتية الثانوية(Secondary Metabolites)

تشير المصادر العلمية في الجامعات العالمية إلى أن نواتج الأيض الثانوي هي مفتاح التصنيف للفصائل النباتية:

- **القلويدات (Alkaloids) تُستخدم لتمييز العائلة الباذنجانية(Solanaceae)**
- **الجليكوسيدات (Glycosides) خاصة السيروجينية منها، وتُستخدم لتمييز العائلة الوردية.**
- **التربينات والفينولات :تلعب دوراً في تصنيف النباتات الطبية والعطرية الداخلة في التركيب المحصولي.**

وتُعد هذه المركبات نتاجاً لمسارات أيضية معقدة لا تهدف مباشرة للنمو والتطور، بل لتعزيز قدرة النبات على التكيف مع الضغوط البيئية والحيوية. إن الأهمية التصنيفية

لهذه المواد تنبع من كونها بصمات كيميائية ثابتة نوعياً، فبينما تعتمد النواتج الأولية (كالبروتين والكربوهيدرات) على وفرة المغذيات، تعتمد النواتج الثانوية على الخريطة الجينية المشفرة للفصيلة أو الجنس النباتي. وفي مختبرات كيمياء النبات المتقدمة، يُنظر إلى هذه المركبات كأدوات دفاعية بيولوجية وكواشف مخبرية دقيقة لتقييم نقاوة الأصناف وجودتها الغذائية والصناعية.

علاوة على ذلك، يبرز دور الفينولات والفلافونيدات كواسمات حيوية للتأقلم مع الظروف القاسية في بيئة البادية والسهل الرسوبي، حيث يؤدي الإجهاد المائي والملحي إلى تحفيز مسار حمض الشيكيميك (Shikimic acid pathway) لإنتاج مركبات فينولية تعمل كمضادات أكسدة طبيعية تحمي الأنسجة النباتية من التلف. إن تصنيف المحاصيل بناءً على محتواها من هذه المواد يتيح للباحثين تمييز السلالات التي تمتلك نظاماً دفاعياً كيميائياً قوياً، وهو ما يُعرف بالتحمل الكيميائي الحيوي. ففي محاصيل العلف والزيوت، تُستخدم نسبة هذه المركبات لتقدير العمر الخزني للمحصول ومدى مقاومته للأمراض الفطرية والحشرية.

ومن الناحية الفسيولوجية، يرتبط تخليق التربينات (Terpenes) في النباتات العطرية والطبية بتطور الغدد الإفرازية، وهي صفة تشريحية وكيميائية تُستخدم للفصل بين الأنواع المتقاربة وراثياً. كما أن دراسة الجليكوسيدات السيروجينية تكتسب أهمية خاصة في محاصيل مثل الذرة البيضاء، حيث يُعد تصنيف الأصناف بناءً على محتواها المنخفض من هذه المواد (لتجنب سمية حمض الهيدروسيانيك) ركيزة أساسية في برامج التربية والتحسين. إن التطور في تقنيات التحليل الكروماتوغرافي (HPLC) سمح برسم خرائط دقيقة لهذه النواتج الثانوية، مما جعل التصنيف الكيميائي (Chemotaxonomy)علماً قائماً بذاته يربط بين الكيمياء العضوية والتقسيم النباتي التقليدي، ويساهم في استنباط أصناف ذات قيمة مضافة تمتلك خصائص علاجية أو وقائية، بالإضافة إلى قيمتها الغذائية الأساسية. إن هذا العمق الكيميائي الحيوي يمنح الباحثين القدرة على استشراف سلوك المحصول تحت وطأة التغيرات المناخية، ويضمن إنتاج محاصيل تتسم بالتوازن بين المتطلبات الإنتاجية والخصائص الكيميائية الدفاعية.

3 . الواسمات الجزيئية والبصمة الوراثية(Genomics & DNA Markers)

تُمثل الواسمات الجزيئية (DNA Markers) الجيل الثالث والأكثر دقة في تعريف وتصنيف المحاصيل الحقلية، حيث تعتمد على التحليل المباشر للمادة الوراثية (DNA) بدلاً من النواتج الكيميائية المتغيرة. وتكتسب هذه التقنية قطعيّتها من كون الشفرة

الوراثية ثابتة في جميع أجزاء النبات وفي كافة مراحل نموه، ولا تتأثر مطلقاً بالظروف البيئية أو المعاملات الزراعية، مما يجعل التصنيف بها مرجعاً نهائياً لفض النزاعات التصنيفية وتحديد النقاوة الوراثية للأصناف.

وتعتمد كليات الزراعة في الدراسات العليا (Advanced Plant Breeding) على عدة تقنيات متطورة في هذا المجال، أبرزها تقنية تفاعل البوليميراز المتسلسل (PCR) وتقنية تعدد أطوال قطع الهضم (RFLP) إن استخدام هذه الواسمات يتيح للباحثين رسم الخرائط الجينية (Genetic Mapping) التي تربط بين تتابعات معينة من القواعد النيتروجينية وبين الصفات الإنتاجية أو الفسيولوجية الهامة، مثل تحمل الملوحة في بادية السماوة أو كفاءة استخدام النيتروجين. ومن خلال تحليل التكرارات القصيرة المتتابعة (SSRs) أو تعدد أشكال النيوكليوتيدات المفردة(SNPs) ، يمكن تمييز الفروقات الدقيقة بين الأصناف المحلية (مثل أصناف الحنطة والذرة البيضاء العراقية) وبين الأصناف المدخلة، وهو ما يُعرف بـ البصمة الوراثية DNA) (Fingerprinting

علاوة على ذلك، يبرز دور المعلوماتية الحيوية (Bioinformatics) في دمج البيانات الناتجة عن هذه الواسمات لبناء قواعد بيانات رقمية للأصول الوراثية. إن هذا المستوى من التصنيف لا يكتفي بتعريف النوع فحسب، بل يمتد لتحديد درجة القرابة الوراثية (Genetic Distance)، مما يساعد مربي النبات في اختيار الآباء المناسبة لعمليات التهجين لإنتاج قوة الهجين (Hybrid Vigor) ومن الناحية الفسيولوجية، تساعد الواسمات الجزيئية في الكشف عن الجينات المستحثة تحت ظروف الإجهاد-Stress) (responsive genes، مما يوفر أداة انتخابية مبكرة للأصناف المتأقلمة مع بيئات العراق القاسية قبل وصولها لمرحلة النضج.

إن الانتقال إلى التصنيف الجزيئي يعزز من كفاءة الانتخاب بمساعدة الواسمات (Marker-Assisted Selection - MAS)، وهو ما يختصر سنوات طويلة من البحث التقليدي. فبدلاً من انتظار المحصول لتقييم إنتاجيته في نهاية الموسم، يمكن للباحث عبر فحص مخبري بسيط للبذرة أو الورقة اليافعة التأكد من وجود الجينات المطلوبة. إن هذا التكامل بين علم الوراثة الجزيئية وفسلجة المحاصيل يضع حجر الزاوية للزراعة المستدامة، حيث يضمن توثيق الأصناف الوطنية وحمايتها من الاندثار أو السرقة البيولوجية، ويفتح آفاقاً واسعة لاستنباط محاصيل مصممة وراثياً لتلائم التحديات المناخية المعاصرة في سهل العراق وباديته.

المحور الثالث: التصنيف الكيميائي والفسلجة الإجهادية

يرتبط التصنيف الكيميائي الحيوي بفسلجة المحاصيل المتقدمة، خاصة عند دراسة التحمل الحيوي. تقوم كليات الزراعة بتصنيف الأصناف بناءً على محتواها من المواد الواقية خلوياً(Osmoprotectants))

- **تراكم البرولين (Proline) يُستخدم كواسم كيميائي حيوي لتصنيف الأصناف المقاومة للجفاف.**
- **الإنزيمات المضادة للأكسدة (Antioxidant Enzymes) مثل (SOD, CAT, POX)الأصناف التي تظهر نشاطاً إنزيمياً معيناً تُصنف ضمن فئات جينية متقاربة في تحمل الملوحة.**

وتكمن الأهمية الجوهرية لهذا المحور في قدرته على تحويل الاستجابات الفسيولوجية الخفية إلى بيانات كيميائية ملموسة تُستخدم في المفاضلة بين السلالات. إن تراكم الحمض الأميني البرولين لا يمثل مجرد استجابة للإجهاد المائي، بل يُعد آلية دفاعية متكاملة تهدف إلى الحفاظ على الضغط الأوزموزي داخل السايتوبلازم وحماية الأغشية الخلوية من التمزق نتيجة فقدان الماء. وفي مختبرات فسلجة النبات يتم اعتماد معامل التراكم النسبي للبرولين كمعيار تصنيفي لفرز أصناف الذرة البيضاء وحشيشة السودان المتفوقة وراثياً في كفاءة استخدام المياه، حيث يُعد المحتوى العالي من هذا المركب دليلاً على وجود منظومة جينية نشطة للتكيف الإجهادي.

علاوة على ذلك، يمتد التصنيف ليشمل قياس مستويات الإنزيمات الكاسحة للجذور الحرة، حيث تؤدي الإجهادات البيئية (كالملوحة والحرارة المرتفعة) إلى تولد أصناف الأكسجين النشطة (ROS) التي تسبب الأكسدة الفتاكة للدهون والبروتينات. إن تصنيف الأصناف بناءً على النشاط النوعي لإنزيمات السوبر أكسيد ديسميوتيز (SOD) والكتاليز (CAT) والبيروكسيديز (POX) يمنح الباحثين تصوراً دقيقاً عن القدرة الاستيعابية للاختزال داخل الخلية. فالمحاصيل التي تمتلك نظاماً إنزيمياً متطوراً تُصنف على أنها أصناف متأقلمة، بينما تقع الأصناف التي تنهار أنظمتها الدفاعية مبكراً في فئة الأصناف الحساسة.

ومن الناحية الكيميائية الحيوية المتقدمة، يُضاف إلى هذا التصنيف دراسة البروتينات الحرارية (HSPs) والسكريات غير الاختزالية التي تعمل كدروع كيميائية تحمي البروتينات الوظيفية من المسخ (Denaturation) إن الربط بين الكيمياء والفسلجة يتيح فهم ظاهرة التصلب(Hardening) ، حيث يتم تصنيف النباتات بناءً على ذاكرتها

البيوكيميائية في التعامل مع الإجهادات المتكررة. إن هذا التوجه البحثي يدعم برامج التربية في المناطق الجافة عبر استنباط دوال كيميائية تسرع من عملية الانتخاب الوراثي، مما يقلل الوقت اللازم لتطوير محاصيل قادرة على الحفاظ على استقرارها الفسيولوجي وإنتاجيتها تحت ظروف التربة والبيئة القاسية في السهل الرسوبي والبادية، ويضمن في ذات الوقت الحصول على مادة علفية ذات محتوى بروتيني ومعدني متزن لا يتأثر سلباً بظروف الإجهاد.

المحور الرابع: التقنيات المخبرية والمعلوماتية الحيوية (Bioinformatics)

تدمج التوجهات العلمية الزراعية الحديثة بين الكيمياء الحيوية والحاسوب فيما يعرف بالتصنيف العددي الكيميائي:

1. **بصمة الـ DNA(DNA Fingerprinting) وهي قمة الهرم في التصنيف الكيميائي الحيوي، حيث يتم التعامل مع القواعد النيتروجينية كمركبات كيميائية يتم تحليلها عبر تقنيات PCR و RFLP.**
2. **التمثيل الغذائي (Metabolomics) تحليل شامل لجميع النواتج الكيميائية في الخلية النباتية باستخدام جهاز LC-MS/MS، مما يسمح برسم شجرة قرابة كيميائية دقيقة جداً تفيد في برامج تربية وتحسين المحاصيل.**

الأهمية الاقتصادية والزراعية لهذا التصنيف(Biochemical Class)

1. **حماية الملكية الفكرية: توثيق الأصناف العراقية (مثل أصناف الحنطة أبو غريب أو إباء) بناءً على بصمتها البيوكيميائية دولياً.**
2. **تطوير الإنتاجية: اختيار الأصناف ذات المحتوى الكيميائي المتوافق في عمليات التلقيح لإنتاج هجن عالية الإنتاجية.**
3. **الكشف عن الغش التجاري: تمييز بذور المحاصيل الحقلية المتشابهة مظهرياً والمختلفة كيميائياً وقيمياً.**

الخلاصة: التصنيف الكيميائي-الحيوي : هو الجسر الرابط بين علم الوراثة وفسلجة النبات. من خلال المصادر المتقدمة في الجامعات العربية والعالمية، نجد أن التوجه

الحالي يركز على الواسمات الجزيئية والكيميائية كبديل أكثر دقة وثباتاً من التصنيف المظهري التقليدي، مما يخدم أهداف التنمية الزراعية المستدامة.

ج- التصنيف حسب دورة الحياة:

يُعد تصنيف محاصيل العلف حسب دورة حياتها (Life Cycle Classification) ركيزة أساسية في وضع الخطط الزراعية وتصميم الدورة المحصولية. هذا التصنيف لا يعكس فقط الفترة الزمنية لبقاء النبات في التربة، بل يمتد ليشمل الاستجابات الفسيولوجية، والقدرة على تجديد النموات الخضرية بعد الحش، وتراكم الكربوهيدرات في الجذور والأبصال.

1 - المحاصيل العلفية الحولية(Annual Forages)

وهي المحاصيل التي تتم دورة حياتها (من الإنبات إلى إنتاج البذور) في موسم نمو واحد أو سنة واحدة، ثم تموت. تنقسم هذه المجموعة في البيئة العربية والعراقية إلى:

أ. المحاصيل الحولية الشتوية:

تُزرع في الخريف وتزدهر في الشتاء والربيع.

أمثلة :البرسيم المسقاوي (المصري)، الجت الحولي، والشوفان العلفي.

المميزات الفسيولوجية :تمتاز بسرعة النمو الخضري المبكر، وتعتمد في قيمتها الغذائية على نسبة عالية من البروتين في الأوراق. في كليات الزراعة العراقية، يُعد البرسيم المصري المحصول العلفي الشتوي الأول لقدرته على إعطاء عدة حشات في موسم واحد قبل أن يزهر ويموت.

وتستند القيمة الحيوية لهذه المحاصيل إلى استجابتها الفسيولوجية لدرجات الحرارة المنخفضة (Vernalization) وقدرتها العالية على التمثيل الضوئي تحت ظروف الإضاءة المعتدلة. إن الإدارة الناجحة للمحاصيل الحولية الشتوية في العراق، لا سيما البرسيم المصري، تعتمد على فهم ديناميكية استعادة النمو بعد كل حشة، حيث يعتمد النبات في نموه الجديد على الكربوهيدرات المخزنة في التيجان والجذور(Non-structural Carbohydrates)ومن الناحية الكيميائية، يبرز التوازن بين المحتوى البروتيني العالي ونسبة الألياف المنخفضة في الأطوار الأولى من النمو، مما

يمنح هذه المحاصيل معامل هضم مرتفع يتجاوز في كثير من الأحيان 70%، وهو ما يجعلها ركيزة أساسية لتغذية الأبقار الحلوب خلال فصل الشتاء.

علاوة على ذلك، يبرز الدور الفسيولوجي للمحاصيل الشتوية البقولية في تحسين الخصوبة الحيوية للتربة من خلال علاقتها التكافلية مع بكتيريا الريزوبيوم (Rhizobium)إن تثبيت النيتروجين الجوي بمعدلات عالية يساهم في توفير مخزون نيتروجيني للمحصول الصيفي الذي يليه في الدورة الزراعية، مما يعزز من مفهوم الزراعة المستدامة. وفي مناهج إنتاج المحاصيل المتقدم يتم التركيز على دراسة توزيع المساحة الورقية (LAI) لهذه المحاصيل، حيث تهدف الإدارة الحقلية إلى الوصول للغطاء الورقي الكامل في أقصر وقت ممكن لتقليل الفقد المائي بالتبخر من سطح التربة ولضمان أقصى كفاءة في اعتراض الإشعاع الشمسي.

ومن الناحية الفنية، يتأثر السلوك الفسيولوجي لهذه المحاصيل بموعد الزراعة وتوزيع الري، فالتأخير في الزراعة قد يعرض البادرات لمخاطر الصقيع، مما يؤدي إلى انكماش الخلايا وتضرر الأغشية الخلوية. لذا، يتم تصنيف الأصناف الشتوية بناءً على معامل تحمل البرودة وقدرتها على استمرار العمليات الأيضية في درجات حرارة متدنية. إن الجمع بين القدرة على تعدد الحشات وبين القيمة الغذائية العالية يجعل من المحاصيل الحولية الشتوية أداة استراتيجية في تقليل الفجوة العلفية الموسمية، حيث توفر مصدراً مستمراً للعلف الأخضر الغني بالفيتامينات والمعادن، والذي يساهم بشكل مباشر في تحسين الحالة الصحية والمناعية للحيوانات، خاصة في الفترات التي تندر فيها المراعي الطبيعية. إن هذا العمق الفسيولوجي في دراسة المحاصيل الحولية الشتوية يتيح للباحثين وضع جداول زمنية دقيقة للحش تضمن التوفيق بين الكمية المنتجة والجودة النوعية، بما يخدم استدامة الإنتاج الحيواني في المناطق المروية.

ب. المحاصيل الحولية الصيفية:

تُزرع في الربيع وتتحمل درجات الحرارة المرتفعة.

أمثلة :الذرة البيضاء العلفية (الذرة البيضاء)، ودخن اللؤلؤ، ولوبيا العلف.

المميزات الفسيولوجية :تنتمي أغلبها لمسار الكربون الرباعي(C_4) ، مما يمنحها كفاءة عالية في تمثيل الكربوهيدرات تحت ظروف الإشعاع الشمسي العالي في الصيف العراقي.

وتعد هذه الكفاءة الفسيولوجية لمسار الكربون الرباعي (C_4) هي الحجر الزاوية في قدرة هذه المحاصيل على مواجهة الإجهادات الحرارية الشديدة التي تميز البيئة العراقية، إذ تمتلك هذه النباتات تشريحاً نسيجياً متميزاً يُعرف بـ تشريح كرانز (Kranz Anatomy)، حيث يتم فصل عملية تثبيت الكربون عن دورة كالفن مكانياً بين خلايا الغلاف الوعائي وخلايا الميزوفيل. هذا النظام الفسيولوجي المتقدم يسمح لمحاصيل مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان بتقليل عملية التنفس الضوئي (Photorespiration)إلى أدنى مستوياتها، مما يؤدي بدوره إلى رفع كفاءة استخدام المياه (WUE) وكفاءة استخدام النيتروجين (NUE) مقارنة بمحاصيل المسار الثلاثي C_3

من الناحية الكيميائية الحيوية(Plant Chemistry) ، تمتاز المحاصيل الصيفية بقدرة فائقة على تخزين السكريات غير الهيكلية في السيقان، وهو ما يفسر القيمة الطاقية العالية للذرة البيضاء عند استخدامها كعلف أخضر أو في صناعة السيلاج. وفي دراسات فسلجة النبات المتقدمة يتم التركيز على التكيف الأوزموزي لهذه المحاصيل، حيث تقوم بتجميع ذائبات متوافقة في السايتوبلازم للحفاظ على جهد مائي منخفض يسمح لها باستمرار امتصاص الماء من التربة الجافة. كما تلعب لوبيا العلف دوراً تكاملياً في هذه المنظومة من خلال قدرتها على تثبيت النيتروجين حيوياً وتوفير بروتين عالي الجودة يوازن المحتوى الكربوهيدراتي المرتفع في النجيليات الصيفية.

علاوة على ذلك، تمتلك المحاصيل الحولية الصيفية آليات دفاعية كيميائية ضد الإجهادات الحيوية والبيئية، ففي الذرة البيضاء، يتم دراسة مستويات الدرين (Dhurrin)وهو جليكوسيد سيروجيني يعمل كآلية دفاعية في المراحل الأولى من النمو، مما يتطلب إدارة فنية دقيقة لتحديد موعد الرعي أو الحش لضمان سلامة القطيع. ومن منظور تربية النبات المتقدمة(Advanced Plant Breeding) ، يتم انتخاب السلالات الصيفية التي تمتاز بـ صفة البقاء خضراء(Stay-green trait) ، وهي صفة فسيولوجية وراثية تضمن استمرار عملية التمثيل الضوئي بفعالية حتى في مراحل النضج المتأخرة وتحت ظروف الجفاف، مما يرفع من جودة التبن والحاصل الخضري النهائي.

إن دمج هذه الخصائص الفسيولوجية مع تقنيات الإدارة الحقلية الحديثة، مثل الري بالتنقيط والتسميد المتوازن، يجعل من المحاصيل الحولية الصيفية الركيزة الأساسية للأمن العلفي في العراق. فهي لا توفر كميات ضخمة من الكتلة الحيوية (Biomass) فحسب، بل تعمل أيضاً كأدوات بيولوجية لاستغلال الموارد الحرارية والإشعاعية المتاحة

في فصل الصيف وتحويلها إلى طاقة غذائية عالية القيمة، مما يضمن استمرارية دورة الإنتاج الحيواني واستدامتها في مواجهة التحديات المناخية المتزايدة.

- 2 المحاصيل العلفية ثنائية الحول(Biennial Forages)

ايضا يمكن تسميتها بالمحاصيل المحولة هذه المحاصيل تتطلب موسمين للنمو لإكمال دورتها الحيوية. في السنة الأولى، تُنتج نمواً خضرياً كثيفاً وتخزن الغذاء في الجذور، بينما في السنة الثانية تتجه نحو التزهير وإنتاج البذور.

أمثلة :البرسيم الحجازي (في بعض سلالاته) وبعض أنواع النفل (Clover) والبنجر العلفي.

الأهمية الزراعية : يقل الاعتماد عليها كمحاصيل بذور في العراق، ولكنها تُستغل في سنتها الأولى للحصول على أعلى إنتاجية من المادة الجافة. يتميز نظامها الجذري بقدرة عالية على تحسين خصائص التربة وتثبيت النيتروجين الجوي.

وتستند القيمة الفسيولوجية لهذه المحاصيل إلى قدرتها الفائقة على إدارة ميزانية الكربوهيدرات بين المجموع الخضري والمجموع الجذري. فخلال السنة الأولى، تتركز العمليات الأيضية نحو بناء قاعدة قوية من التيجان والجذور اللحمية، حيث يتم تحويل السكريات الناتجة من عملية التمثيل الضوئي إلى نشويات معقدة تُخزن في الجذور، وهو ما يُعرف فسيولوجياً بـ مرحلة التأسيس. وفي بيئة العراق، يُعد استغلال هذه المحاصيل في سنتها الأولى استراتيجية مثالية لتعظيم الحاصل الخضري، حيث تكون الأوراق والسيقان في قمة جودتها الكيميائية ومحتواها البروتيني قبل أن تبدأ عمليات التحول نحو الطور التكاثري.

من الناحية الكيميائية الحيوية(Plant Chemistry) ، تمتاز المحاصيل ثنائية الحول مثل البنجر العلفي بمحتوى عالٍ من الطاقة الكربوهيدراتية الذائبة، مما يجعلها مكملاً غذائياً ممتازاً للأعلاف النجيلية والقولية. أما من منظور فسلجة التربة، فإن الجذور الوتدية العميقة لهذه المحاصيل تعمل كـ محاريث بيولوجية تخترق الطبقات الصماء للتربة، مما يحسن من بنية التربة (Soil Structure) ويزيد من سعة التبادل الكاتيوني (CEC) كما أن العلاقة التكافلية مع بكتيريا العقد الجذرية في أنواع النفل تساهم في حقن التربة بمستويات عالية من النيتروجين العضوي الذي يبقى متاحاً للمحاصيل التالية في الدورة الزراعية، مما يقلل الحاجة للأسمدة الكيميائية ويقلل من تلوث المياه الجوفية.

وفي دراسات تربية النبات المتقدمة (Advanced Plant Breeding) ، يتم الاهتمام بسلوك هذه المحاصيل تحت ظروف الإجهاد الملحي، حيث تُظهر بعض سلالات البرسيم ثنائية الحول قدرة عالية على الإقصاء الأيوني(Ion Exclusion) ، وهي آلية فسيولوجية تمنع وصول أيونات الصوديوم والكلور السامة إلى الأوراق اليافعة. كما أن دراسة التزهير في السنة الثانية تعتمد على فهم عملية الارتباع (Vernalization) والحاجة لدرجات حرارة منخفضة لتحفيز الجينات المسؤولة عن الانتقال من الطور الخضري إلى الطور الثمري.

إن دمج المحاصيل ثنائية الحول في المنظومات الزراعية العراقية يساهم في كسر دورات حياة الآفات والأمراض، ويمنح المزارع مرونة عالية في إدارة العلف الأخضر على مدار فصول السنة. فاستغلال الكتلة الحيوية الهائلة في السنة الأولى يضمن توفير علف ذو استساغة عالية ومعامل هضم مرتفع، بينما يمثل بقاء نظامها الجذري في التربة استثماراً طويل الأمد في خصوبة الأرض واستدامتها البيئية، مما يجعلها ركيزة تقنية وهيكلية في تطوير قطاع المحاصيل الحقلية والإنتاج الحيواني في مناطق السهل الرسوبي والبادية.

---

4 -المحاصيل العلفية المعمرة(Perennial Forages)

وهي العمود الفقري للمراعي الدائمة والإنتاج العلفي المستدام. تستمر هذه المحاصيل في النمو لأكثر من سنتين، وقد تمتد لسنوات طويلة (5-10 سنوات) كما في الجت (البرسيم الحجازي) وتمتاز هذه المحاصيل بالتالي:

أ. فسلجة البقاء والتجدد:

تعتمد المحاصيل المعمرة على أعضاء تخزين تحت سطح التربة (ريزومات، أبصال، أو جذور وتدية متضخمة) بعد كل عملية حش، يعتمد النبات على الكربوهيدرات المخزنة (مثل النشا والفركتوزان) لدفع النموات الجديدة.

ب. التصنيف النوعي للمعمرات:

1. البقوليات المعمرة :وعلى رأسها الجت الذي يُلقب بملك المحاصيل العلفية في العراق. يتميز بعمق جذوره التي قد تصل لعدة أمتار، مما يجعله مقاوماً للجفاف.

2. النجيليات المعمرة :مثل حشيشة السودان المعمرة وحشيشة الروودز. تمتاز بقدرتها العالية على تحمل الملوحة وتغطية التربة، مما يقلل من عمليات التعرية.

المقارنة البيوكيميائية والإنتاجية بين الحوليات والمعمرات

تشير المصادر العلمية في المراعي والمحاصيل العلفية إلى فروقات جوهرية يجب مراعاتها عند التصنيف:

معيار المقارنة	المحاصيل الحولية	المحاصيل المعمرة
توزيع المادة الجافة	تتركز في الأجزاء الهوائية (الأوراق/السيقان)	تتوزع بين المجموع الخضري وأعضاء التخزين الأرضية
الاستجابة للأسمدة	سريعة جداً وذات استجابة عالية للنيتروجين	استجابة متوازنة مع الحاجة للفسفور لتقوية الجذور
القيمة الغذائية	غالباً أعلى في مراحل النمو المبكرة	مستقرة نسبياً ولكنها تتأثر بعمر الخلفة بعد الحش
إدارة التربة	تتطلب حرثاً وإعداداً سنوياً	تساعد في بناء بناء التربة (Soil Structure)واستدامتها

لابد لنا من الاشارة الى إن تصنيف المحاصيل العلفية حسب دورة حياتها ليس مجرد تقسيم زمني، بل هو خارطة طريق للمنتج والمربي.

وان فهم التباين بين الحوليات والمعمرات يتيح استغلال الموارد المائية المتاحة بأعلى كفاءة ممكنة، مع ضمان ديمومة الغطاء النباتي وتلبية الاحتياجات المتزايدة لقطاع الثروة الحيوانية.

الرؤية المستقبلية وفق كتابنا (المرجع الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية)

تتجه التوصيات وبحسب الابحاث الحديثة بما يتوافق مع التغيرات المناخية في العراق والوطن العربي، نحو:

1. **التوسع في المعمرات :لتقليل كلفة الإنتاج السنوية (بذور وحراثة) وللحفاظ على رطوبة التربة.**
2. **دمج الحوليات والمعمرات :في نظام المراعي المختلطة لضمان توفر العلف الأخضر على مدار العام (الفجوة العلفية)**
3. **الانتخاب الكيميائي :تصنيف السلالات المعمرة التي تمتلك كفاءة عالية في تحويل الطاقة الشمسية إلى بروتين خام (CP) بأقل كمية من الألياف غير الذائبة((ADF**

الواقع البيئي والجغرافي (بادية المثنى والسهل الرسوبي انموذجا)

تعتبر محافظة المثنى نموذجاً تطبيقياً لدراسة إجهاد الملوحة والجفاف. تشير البحوث المجراة في هذا المجال إلى أن التوسع في زراعة المحاصيل العلفية غير التقليدية والمتحملة للملوحة (Halophytes) يمثل الحل الأمثل لاستثمار الأراضي المتملحة. إن التفاعل بين الصنف والبيئة (G \times E) هو الذي يحدد نجاح المحصول في هذه المناطق القاسية (البديري، 2023)

- 1-الخصائص الجغرافية والتربوية للمنطقتين

تختلف الاستراتيجيات المتبعة في زراعة الأعلاف بين السهل والبادية نتيجة لاختلاف خصائص التربة ومصادر المياه:

أ. منطقة السهل الرسوبي (الزراعة المروية)

تتميز تربة السهل الرسوبي في المثنى بكونها تربة غرينية طينية ثقيلة ناتجة عن ترسبات نهري دجلة والفرات (فروع نهر الفرات في المحافظة)

التحدي البيئي :تبرز مشكلة الملوحة (Salinity) نتيجة لارتفاع مستوى الماء الأرضي وسوء الصرف، مما يفرض تصنيفاً كيميائياً وحيوياً للمحاصيل العلفية المختارة.

المحاصيل المناسبة :يُعد البرسيم المصري والشوفان والجت من المحاصيل السائدة هنا، حيث تُستغل الخصوبة العالية للتربة لتحقيق أعلى كتلة حيوية (Biomass) ممكنة.

ب. منطقة البادية (الهضبة الغربية)

تشغل المساحة الأكبر من محافظة المثنى، وتتميز بكونها أرضاً صحراوية كلسية أو رملية، تعتمد كلياً على مياه الآبار الارتوازية.

التحدي البيئي :انخفاض الرطوبة الجوية، التذبذب الحراري الكبير، ونوعية المياه التي قد تمتاز بالعسرة أو الملوحة الكبريتية.

المحاصيل المناسبة :هنا يبرز دور محاصيل العلف الصحراوية والمعمرة مثل حشيشة الرودز والجت الأصناف المقاومة للجفاف، بالإضافة إلى الشجيرات العلفية مثل الأتريبلكس (القطف الملحى)

.التأثير الفسيولوجي للمناخ على إنتاجية العلف

تفرض البيئة في المنطقة ضغوطاً فسيولوجية تتطلب اختيار أصناف ذات كفاءة كربونية محددة:

الكفاءة الضوئية :في البادية، حيث شدة الإضاءة والحرارة عالية، تتفوق محاصيل العلف ذات المسار الكربوني الرباعي (C_4) مثل الذرة العلفية ودخن اللؤلؤ، لقدرتها على تثبيت الكربون بكفاءة عالية دون فقدان الطاقة في التنفس الضوئي.

إدارة المياه :تعتمد محاصيل العلف في البادية على تقنيات الري المحوري Center) (Pivot، وهو نظام يفرض اختيار محاصيل ذات جذور قوية وقدرة عالية على استخلاص العناصر الغذائية من الترب الكلسية الفقيرة بالمادة العضوية.

الواقع المائي وأثره على البصمة الكيميائية للعلف

تؤثر مياه الري (نهرية في السهل مقابل جوفية في البادية) بشكل مباشر على القيمة الكيميائية للمحصول:

1. المحتوى المعدني :المحاصيل العلفية في البادية غالباً ما تمتاز بمحتوى معدني مختلف (خاصة الكالسيوم والكبريت) نتيجة لنوعية مياه الآبار، مما ينعكس على جودة العلف المقدم للثروة الحيوانية.
2. تراكم المواد الوقائية :تحت ظروف الجفاف في البادية، تميل النباتات (مثل الجت) إلى زيادة تخليق مركبات كيميائية واقية مثل البرولين والسكريات الذائبة لرفع الضغط الأوزموزي داخل الخلايا، وهو واسم كيميائي حيوي يُستخدم لتمييز الأصناف المتأقلمة مع بيئة العراق.

التكامل بين الجغرافيا والإنتاج الحيواني

يُعد التوزيع الجغرافي للمحاصيل العلفية في العراق حجر الزاوية لقطاع الثروة الحيوانية (الأغنام والإبل) :

المراعي الطبيعية :تشكل البادية مصدراً للأعلاف الرعوية الموسمية التي تعتمد على الأمطار، وتتطلب حماية قانونية وفنية لمنع التدهور البيئي.

الزراعة المستقرة :في السهل الرسوبي، تعمل محاصيل العلف كمحسنات للتربة ضمن الدورات الزراعية، حيث يساهم الجت والبرسيم في تثبيت النيتروجين الجوي، مما يقلل الحاجة للأسمدة الكيميائية في المحاصيل اللاحقة (مثل الحنطة) .

ختاما إن الواقع البيئي للمنطقة يفرض التحول نحو الزراعة الذكية مناخياً، من خلال:

1. استنباط أصناف علفية تتحمل الملوحة العالية في السهل الرسوبي.
2. التوسع في زراعة المحاصيل المعمرة في البادية لتقليل الانبعاثات الغبارية وحماية التربة من الانجراف.
3. تحسين المواصفات الكيميائية للعلف المنتج ليتلاءم مع الاحتياجات الغذائية الدقيقة للحيوانات في هذه البيئات المجهدة.

القيمة الغذائية وجودة العلف

التمييز المفاهيمي بين القيمة الغذائية وجودة العلف

من الضروري من الناحية العلمية التفريق بين مصطلحين غالباً ما يتم الخلط بينهما:

- **القيمة الغذائية (Nutritional Value) هي قدرة العلف على توفير العناصر الغذائية المطلوبة (بروتين، دهون، كربوهيدرات) بناءً على التركيب الكيميائي المخبري.**
- **جودة العلف (Forage Quality) مفهوم أشمل يتضمن القيمة الغذائية مضافاً إليها عوامل أخرى مثل الاستساغة(Palatability) ، ومعدل الاستهلاك، ومدى سهولة هضم هذه العناصر داخل الجهاز الهضمي للحيوان.**

المكونات الكيميائية الأساسية ومعايير التقييم

يستند الباحثون في أقسام الإنتاج النباتي والمحاصيل الحقلية العلفية في تقييمهم للقيمة الغذائية للأعلاف على تحليل دقيق للمكونات الكيميائية التي تؤثر فسيولوجياً وبشكل مباشر على الأداء الإنتاجي للحيوان. وتتضمن هذه المعايير ما يلي:

1. **المادة الجافة (Dry Matter) وهي الأساس الذي يعتمده الباحثون لتقدير التركيز الحقيقي للعناصر الغذائية بعيداً عن محتوى الرطوبة.**
2. **البروتين الخام (Crude Protein) يعد المعيار الأهم الذي يركز عليه مربو النبات عند استنباط أصناف علفية جديدة، لارتباطه المباشر ببناء الأنسجة. ويُمثل العنصر الأغلى والأهم، خاصة في البقوليات كالجت والبرسيم. يتم تقديره عادة عبر قياس نسبة النيتروجين الكلي. وتعتبر الأحماض الأمينية المتوازنة هي المعيار الحقيقي لبروتين العلف الجيد، حيث تلعب دوراً حاسماً في إنتاج الحليب وتسمين اللحوم.**
3. **الكربوهيدرات والألياف (Fiber Fractions) :ويحللها المتخصصون لتحديد مدى قابلية العلف للهضم، خاصة عند دراسة المحاصيل النجيلية والبقولية في العراق والوطن العربي وتشمل :**

- **الألياف الذائبة في المنظف المتعادل (NDF) وهي المسؤولة عن حجم العلف وتشغل حيزاً في الكرش، وكلما زادت قلت كمية العلف التي يمكن للحيوان تناولها.**

- الألياف الذائبة في المنظف الحامضي (ADF) تمثل السليلوز واللجنين، وهي مؤشر عكسي للهضم، فكلما ارتفعت هذه النسبة، قلّت قدرة الحيوان على الاستفادة من العلف.

4. المكونات المعدنية والرماد :يعد تقدير الرماد الكلي الخطوة الأولى في تقييم الكفاءة التراكمية للمحاصيل العلفية، حيث يمثل الرماد المحتوى اللاعضوي المتبقي بعد عملية الحرق الجاف، وهو مرآة تعكس طبيعة التداخل بين النظام الجذري والخصائص الكيميائية لتتربة ..

إن التركيز في مختبرات كيمياء التربة والنبات ينصبُّ علمياً على ثلاثة محاور أساسية:

أولاً: الكالسيوم في بيئة الهضبة الغربية التي تمتاز بسيادة الصخور الكلسية، يدرس المنهج الحديث كيفية امتصاص النبات لهذا العنصر بتركيزات عالية، حيث يتواجد في جدران الخلايا على هيئة بكتات الكالسيوم .وتتجلى الأهمية الفيزيولوجية هنا في دور الكالسيوم كمنظم للضغط التناضحي وحماية الأغشية الخلوية من الجهد الملحي والمائي السائد في تلك المنطقة، مما يعزز من قوة الساق وقدرة المحاصيل العلفية على مقاومة الرقاد.

ثانياً: الفوسفور (P) يعد من العناصر الحرجة في مختبراتنا، نظراً لميل ترب الهضبة الغربية (القاعدية التفاعل) نحو تثبيت الفوسفور وتحويله إلى صور غير جاهزة. لذا، يتم التركيز في المنهج على دراسة الفوسفور العضوي واللاعضوي في الأنسجة النباتية، كونه يدخل في تركيب الأحماض النووية ومركبات الطاقة(ATP) ، والتي تعد المحرك الرئيس لعمليات التمثيل الضوئي وإنتاج المادة الجافة في المحاصيل مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان.

ثالثاً: العناصر الصغرى (Micronutrients) يتم تتبع نسب (الحديد، الزنك، والمنجنيز) بدقة متناهية، لأن نقصها في ترب الهضبة الغربية يؤدي إلى اضطرابات في السلاسل التنفسية وبناء الكلوروفيل. إن التحليل المختبري المتقدم يهدف إلى قياس كفاءة الاستخدام المعدني، لضمان وصول هذه العناصر بتركيزات كافية للقمم النامية، مما يضمن في النهاية قيمة غذائية عالية للعلف المنتج تلبي الاحتياجات المعدنية للثروة الحيوانية في المنطقة.

العوامل الفسيولوجية والبيئية المؤثرة على الجودة

تتأثر جودة المحاصيل العلفية في بيئة العراق بعدة عوامل وابرزها:

1. عمر النبات عند الحش (Maturity Stage) هو العامل الأكثر تأثيراً. مع تقدم النبات في العمر، تزداد نسبة الألياف (اللجنين) وتنخفض نسبة البروتين. لذا نوصي أكاديمياً بالحش في مرحلة بدء التزهير لتحقيق التوازن بين الكمية والجودة.

2. درجات الحرارة :في الصيف العراقي، تميل النباتات إلى تكوين الألياف بسرعة كآلية دفاعية، مما قد يقلل من جودة الأعلاف الصيفية مقارنة بالشتوية.

3. عمليات ما بعد الحصاد :طريقة التجفيف (صناعة الدريس) أو التخمير (السيلاج) تؤثر جذرياً على الفيتامينات والإنزيمات الهاضمة.

المقاييس الحديثة لجودة العلف(Relative Feed Value)

تعتمد المجامع العلمية العالمية حالياً على مقاييس رياضية لدمج المتغيرات الكيميائية في رقم واحد يسهل للمربي المقارنة بين الأعلاف:

قيمة العلف النسبية (RFV) معادلة تربط بين الهضم (DMD) وكمية المادة الجافة المتناولةDMI))

الطاقة الصافية (Net Energy) وهي الجزء من الطاقة الذي يستفيد منه الحيوان فعلياً في الإنتاج بعد خصم الطاقة المفقودة في البول والغازات والحرارة.

جودة العلف والأثر الاقتصادي والبيئي

إن رفع جودة العلف لا يؤدي فقط إلى زيادة الإنتاج الحيواني، بل يساهم في:

تقليل الانبعاثات :العلف عالي الهضم يقلل من إنتاج غاز الميثان في الكرش، مما يساهم في حماية البيئة.

خفض التكاليف :تقليل الاعتماد على المركزات العلفية المستوردة والمكلفة عبر توفير بديل أخضر متكامل.

إن الوصول إلى علف مثالي في البيئة العراقية يتطلب الموازنة بين الكمية المقطوعة والقيمة النوعية. لذلك نجد التوصيات مستمرة للمربين والباحثين بضرورة إجراء التحاليل الدورية للأعلاف المنتجة محلياً وعدم الاعتماد على التقدير البصري، فالبصمة الكيميائية للعلف هي التي تحدد الربح والخسارة في مشاريع الثروة الحيوانية.

تحديات إنتاج بذور الأعلاف

تعد الفجوة في إنتاج البذور محلياً من أكبر معوقات التوسع. تعود الأسباب إلى عوامل فسيولوجية وبيئية، منها نقص الحشرات الملقحة في المساحات الشاسعة وتأثر حيوية حبوب اللقاح بدرجات الحرارة العالية خلال الصيف، مما يستدعي تقنيات تربية متقدمة لإنتاج أصناف محلية مقاومة (ياسين، 2023)

تُعد قضية إنتاج بذور المحاصيل العلفية محلياً الحلقة المفقودة في سلسلة الأمن الغذائي العراقي والعربي. فبينما يتم التركيز غالباً على إنتاج الكتلة الخضرية، يظل الاعتماد على البذور المستوردة عبئاً اقتصادياً يحد من استدامة المشاريع الكبرى. وبناءً على ما طرحه)ياسين، 2023)، فإن هذه الفجوة ليست مجرد قصور إداري، بل هي نتيجة لتداخل معقد بين الفسفسة النباتية والظروف المناخية القاسية التي تميز السهل الرسوبي والبادية.

يمثل إنتاج بذور الأعلاف محلياً تحدياً تقنياً يفوق إنتاج العلف الأخضر بمراحل، إذ يتطلب الأمر انتقال النبات من مرحلة النمو الخضري إلى مرحلة النضج الفسيولوجي الكامل، وهي المرحلة التي يتعرض فيها النبات لأقصى درجات الإجهاد البيئي في العراق والوطن العربي. إن الفجوة الإنتاجية الحالية تعود إلى مجموعة من المعوقات الجوهرية التي يمكن تفصيلها فسيولوجياً وتقنياً وفق الآتي:

1 - إجهاد الحرارة وحيوية حبوب اللقاح(Pollen Viability)

تُعد درجات الحرارة المرتفعة خلال فصل الصيف، والتي تتجاوز غالباً 45 درجة مئوية، العائق الفسيولوجي الأول أمام تكوين البذور. ففي محاصيل مثل الذرة البيضاء، تؤدي الحرارة المفرطة إلى جفاف مياسم الأزهار وموت حبوب اللقاح قبل حدوث عملية الإخصاب. فسيولوجياً، تسبب الحرارة العالية اضطراباً في مسارات الأيض الكربوهيدراتي داخل حبة اللقاح، مما يمنع تكوين أنبوبة اللقاح اللازمة للوصول إلى البويضة. هذا العقم الحراري يؤدي إلى ظاهرة (الأنابيب الفارغة) في السنابل، حيث ينمو النبات خضرياً بشكل ممتاز لكنه يفشل في تكوين حاصل بذري اقتصادي.

2 - أزمة التلقيح في المساحات الشاسعة

تعاني مشاريع الأعلاف الكبرى في البادية من نقص حاد في الحشرات الملقحة الطبيعية. ففي المساحات التي تمتد لآلاف الدونمات، لا تستطيع الجمهرات المحلية من النحل والحشرات الأخرى تغطية هذه المساحات، خاصة مع وجود الرياح الصحراوية الجافة التي تعيق حركة الحشرات وتؤدي إلى خفض كفاءة التلقيح الخلطي. هذا النقص يتطلب تدخلاً تقنياً عبر التلقيح الاصطناعي أو إدخال خلايا نحل منظمة داخل الحقول، وهو أمر لا يزال محدود التطبيق في الممارسات الزراعية المحلية.

3 - ظاهرة الانفراط وفقدان البذور(Seed Shattering)

تمتاز العديد من أصناف الأعلاف البرية والمحلية بظاهرة فسيولوجية تسمى الانفراط المبكر، حيث تسقط البذور من السنابل بمجرد وصولها إلى مرحلة النضج كآلية طبيعية للبقاء. وفي ظل الرياح القوية التي تشهدها مناطق مثل البادية، تضيع كميات هائلة من البذور قبل وصول آلات الحصاد. إن معالجة هذه الظاهرة تتطلب تقنيات تربية وراثية متقدمة لانتخاب أصناف تتميز بـ قوة الارتباط بالسنبلة لضمان حصاد ميكانيكي ناجح.

4 -التنافس بين النمو الخضري وإنتاج البذور

هناك تضاد فسيولوجي دائم بين جودة العلف وإنتاج البذور، فالمحاصيل العلفية المتميزة بأوراقها العريضة وسيقانها الغضة تميل وراثياً لتوجيه طاقتها نحو النمو الخضري على حساب تكوين البذور. وعند ترك النبات لإنتاج البذور، تتخشب السيقان وتتراجع القيمة الغذائية (تراكم اللكنين)، مما يجعل المزارع في حيرة بين حصاد العلف الأخضر بجودة عالية أو المخاطرة بترك النبات للبذور في ظل ظروف بيئية غير مضمونة.

5- آفاق الحل: تقنيات التربية المتقدمة

تؤكد رؤية الباحثين حديثا مثل (ياسين، 2023)

أن المخرج الوحيد من هذه الفجوة هو الانتقال إلى برامج التربية المحلية التي تركز على:

1. **الانتخاب لصفة تحمل الحرارة في مراحل التزهير :عبر اختيار التراكيب الوراثية التي تمتلك بروتينات صدمة حرارية (HSPs) تحمي حيوية اللقاح.**
2. **الرقمنة في الحصاد :استخدام حساسات الرطوبة لتحديد موعد النضج الفسيولوجي الدقيق قبل بدء الانفراط.**
3. **توطين التكنولوجيا :إنتاج بذور (الهجن) محلياً لتكون متكيفة مع ملوحة السهل الرسوبي وحرارة البادية، مما يقلل الكلفة بنسبة تصل إلى 50% مقارنة بالبذور المستوردة.**

إننا نخلص في هذا المرجع إلى أن إنتاج البذور هو معركة علمية تتطلب تكاتف مهندسي الري مع علماء الوراثة وفسلجة النبات، لكي نتحويل من مستوردين للبذور إلى مركز إقليمي لإنتاج تقاوي الأعلاف المتحملة للإجهادات البيئية.

التضاد الفسيولوجي بين النمو الخضري والتكاثري:

تعد معضلة إنتاج البذور في محاصيل العلف من القضايا الإستراتيجية التي تواجه الأمن الغذائي. يكمن التحدي الأساسي في وجود تضاد حيوي داخل النبات، حيث يُوجّه نبات

العلف طاقته التمثيلية (Assimilates) نحو بناء المادة الخضراء والأوراق، بينما يتطلب إنتاج البذور تحولاً كاملاً في المسارات الكيميائية نحو الأعضاء التكاثرية. في العراق، وبسبب الظروف المناخية، يواجه المربي صعوبة في الموازنة بين الحصول على حشات علفية وفيرة وبين ترك المحصول لإنتاج البذور، مما يجعل الاعتماد على الاستيراد هو السائد، رغم ما يحمله من مخاطر عدم ملائمة الأصناف المستوردة للبيئة المحلية.

التحديات الفسيولوجية والبيئية في إنتاج بذور المحاصيل العلفية

تنفرد محاصيل العلف بصعوبات بيولوجية ومناخية تجعل من إنتاج بذورها عملية تقنية معقدة:

أ. النمو غير المحدود وعدم التزامن(Indeterminate Growth)

تستمر المحاصيل البقولية والنجيلية العلفية في إنتاج نموات خضرية وأزهار جديدة حتى أثناء نضج القرنات الأولى. هذا التداخل الزمني يؤدي إلى تباين كبير في نضج البذور على النبات الواحد، مما يسبب ضياع جزء كبير من المحصول عند الحصاد الميكانيكي، حيث تكون بعض البذور قد انفرطت بينما لا تزال الأخرى خضراء.

ب. الإجهادات الحرارية وتأثيرها على التلقيح

في مناطق مثل بادية المثنى والسهل الرسوبي، يؤدي الارتفاع المفاجئ في درجات الحرارة خلال شهري نيسان وأيار إلى جفاف المياسم وموت حبوب اللقاح. كما أن الرياح الجافة تعيق نشاط الحشرات الملقحة (النحل)، وبما أن أغلب البقوليات العلفية (كالبرسيم والجت) هي نباتات خلطية التلقيح، فإن غياب الملقحات يعني فشلاً كاملاً في تكوين البذور.

يُعد السكون أحد أكبر التحديات في تكنولوجيا بذور الأعلاف. وهو حالة حيوية تمنع البذرة من الإنبات حتى لو توفرت الظروف الملائمة، ولها عدة أوجه وتقلبات كيميائية وميكانيكية:

أ. السكون الميكانيكي (الغلاف الصلبHard Seeds -)

تشتهر بذور الجت والبرسيم بامتلاكها غلافاً بذرياً كتيماً للماء والأكسجين. هذا السكون ناتج عن طبقة شمعية أو خلايا باليسادية سميكة.

- **التقلبات البيئية :في الطبيعة، يتكسر هذا السكون عبر تقلبات الحرارة بين الليل والنهار، لكن في الزراعة المنظمة، يؤدي هذا السكون إلى إنبات غير متجانس، مما يسبب ضعفاً في كثافة النباتات في الحقل.**

ب. السكون الكيميائي (المثبطات)

تحتوي أغلفة البذور في بعض النجيليات العلفية على مركبات كيميائية (مثل الفينولات أو حمض الأبسيسيك (ABA هذه المواد تعمل كمثبطات للإنبات، ولا بد من غسلها بالأمطار أو تعرضها لدرجات حرارة منخفضة (الترطيب البارد) لتتحلل ويسمح للجنين بالنمو.

ج. السكون الفسيولوجي (الجنين غير الناضج)

في بعض الحالات، تكون البذرة قد انفصلت عن النبات الأم ولكن الجنين لم يكتمل نضجه الفسيولوجي بعد. تتطلب هذه البذور فترة إنضاج بعد الحصاد (After-ripening) قبل أن تصبح قادرة على الإنبات، وهو ما يربك حسابات المزارعين عند الرغبة في الزراعة الفورية.

تقنيات كسر السكون وتحسين جودة البذور

للتغلب على تحديات السكون، تعتمد كليات الزراعة المتقدمة تقنيات فيزيائية وكيميائية:

1. الخدش الميكانيكي (Scarification) استخدام أجهزة تحتوي على أسطح خشنة لخدش الغلاف الصلب دون إصابة الجنين.
2. المعاملة الكيميائية :نقع البذور في حمض الكبريتيك المركز لفترات زمنية دقيقة لآكال الغلاف، أو استخدام نترات البوتاسيوم لكسر السكون الفسيولوجي.
3. التنضيد (Stratification) تعريض البذور للرطوبة والبرودة لفترة زمنية لمحاكاة الشتاء الطبيعي وتحفيز الهرمونات المشجعة للنمو (مثل الجبرلينات)

التحديات التقنية والميكانيكية في الحصاد والتنقية

تُعد بذور الأعلاف من أصغر البذور حجماً، مما يطرح تحديات تقنية:

- **الفقد الميكانيكي :آلات الحصاد (الحاصدات) غالباً ما تكون مصممة للحبوب الكبيرة، واستخدامها لبذور الجت والشوفان يتطلب عيارية دقيقة جداً لمنع خروج البذور مع التبن.**
- **مشكلة الأدغال :صعوبة فصل بذور الأعلاف عن بذور الأدغال الخطيرة (مثل الحامول) نظراً لتقارب الحجم والوزن، مما يتطلب تكنولوجيا فرز مغناطيسية متطورة غير متوفرة بشكل واسع محلياً.**

الرؤية الاقتصادية وإستراتيجية الاكتفاء الذاتي

بناءً على ما جمعناه في المرجع الحديث في محاصيل العلف، يتطلب تجاوز هذه التحديات في العراق والوطن العربي الآتي:

1. عزل حقول البذور :تخصيص مساحات جغرافية محددة (خاصة في البادية لضمان العزل الوراثي) لإنتاج البذور فقط، مع عدم حشها علفاً أخضر لتحفيز النبات على تخزين الطاقة في البذرة.
2. توطين تكنولوجيا البذور :إنشاء وحدات لتنقية وتجهيز بذور الأعلاف محلياً تتضمن مختبرات لفحص الحيوية وقوة الإنبات.

3. تربية أصناف محلية :يجب التركيز على استنباط أصناف تتميز بـ التزهير المتزامن ومقاومة الانفراط، لتقليل الفقد الميكانيكي.

وباختصار نختم القول بأن إنتاج بذور الأعلاف هو علم يجمع بين الكيمياء الحيوية و فسلجة النبات والهندسة الميكانيكية. إن فهم تقلبات السكون وإدارة البيئة القاسية يمثلان المفتاح لتقليل الفجوة العلفية. إن الانتقال من عشوائية الإنتاج إلى التكنولوجيا المتخصصة هو الضمان الوحيد لاستدامة المراعي وتطوير الثروة الحيوانية في المنطقة.

فسيولوجيا النمو وتكوين المادة الجافة في محاصيل العلف

تعد دراسة الفسيولوجيا (Physiology) الجسر الرابط بين البناء الوراثي للنبات والإنتاجية النهائية في الحقل. في محاصيل العلف، لا يتوقف الطموح عند مجرد نمو النبات، بل يمتد إلى كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى روابط كيميائية مخزنة في الأوراق والسيقان. إن فهم ميكانيكية المصدر والمصب (Source-Sink Relationship) هو ما يحدد قدرة المحصول العلفي على التعافي بعد الحش المتكرر، وهي ميزة فسيولوجية جوهرية تميز أعلاف المناطق الحارة عن غيرها، حيث تبرز القدرة على إعادة توزيع النواتج الأيضية بكفاءة عالية (السماوي، 2020)

وتنبثق القيمة العلمية لهذا المفهوم من كونه يفسر التفاعل الحيوي بين الأنسجة المُصنعة للغذاء (الأوراق البالغة) وبين الأنسجة المستهلكة أو المخزنة (النموات الحديثة والجذور) ففي فسيولوجيا المحاصيل العلفية المتقدمة، يُنظر إلى كفاءة اعتراض الضوء (Light Interception Efficiency) كعامل حاسم في تحديد معدل نمو المحصول (CGR) إن المحصول العلفي المتميز فسيولوجياً هو الذي يمتلك القدرة على الحفاظ على مساحة ورقية فاعلة قادرة على تمثيل الكربون بمعدلات تفوق معدلات الهدم التنفسي، خاصة تحت ظروف الإجهاد الحراري التي ترفع من وتيرة التنفس الضوئي في محاصيل المسار الثلاثي(C_3))

علاوة على ذلك، ترتبط قدرة المحصول على المعاودة (Regrowth) ارتباطاً وثيقاً بمخزون الكربوهيدرات غير الهيكلية (TNC) في التيجان والجذور اللحمية، إذ تعمل هذه الأجزاء كمصبات مؤقتة (Temporary Sinks) خلال مراحل النمو الكامل، لتتحول بعد عملية الحش مباشرة إلى مصادر (Sources) تضخ الطاقة والنيتروجين

نحو البراعم القاعدية لتحفيز الانقسام الخلوي. ومن الناحية الكيميائية الحيوية، تلعب الهرمونات النباتية، لا سيما السيتوكينينات، دور المايسترو الفسيولوجي في إعادة توجيه تيار الغذاء نحو القمم النامية الجديدة، مما يضمن سرعة استعادة الغطاء الخضري وتقليل فترة الفجوة الإنتاجية بين الحشات.

وفي مختبرات فسلجة المحاصيل التخصصية يتم التركيز على دراسة كفاءة استخدام الإشعاع (RUE) وعلاقتها بالتركيب الكيميائي للألياف، حيث يهدف الباحثون إلى فهم كيف تؤدي التغيرات الفسيولوجية المصاحبة للنضج إلى تحول مسارات الأيض من إنتاج البروتينات والسكريات الذائبة إلى بناء اللجنين المعقد. إن التحكم الفسيولوجي في هذه التحولات يتيح إطالة فترة الشباب الفسيولوجي للمحصول، مما يرفع من قيمته الغذائية ومعامل هضمه. إن هذا الفهم العميق للعمليات الأيضية يجعل من فسيولوجيا المحاصيل العلفية أداة استراتيجية ليس فقط لزيادة كمية الحاصل الخضري، بل لتحسين النوعية الكيميائية وضمان استدامة الإنتاج في بيئات تعاني من تحديات مناخية قاسية، حيث تصبح القدرة على الإدارة الفسيولوجية للمصادر والمصبات هي الفارق الجوهري بين النجاح والإخفاق الزراعي.

آليات التمثيل الضوئي وديناميكية تمثيل الكربون تحت الإجهادات البيئية

تُجمع الدراسات الفسيولوجية المتقدمة على أن الورقة النباتية هي المختبر الكيموحيوى السيادي المسؤول عن تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة. ويُعد التباين في مسارات تثبيت الكربون (Carbon Fixation Pathways) المعيار الجوهري الذي يحدد كفاءة المحاصيل العلفية وقدرتها التنافسية في ظل المناخات المتباينة التي يتميز بها العراق والمنطقة العربية، خاصة عند تداخل عاملي الحرارة والملوحة.

وتنبثق هذه القدرة التنافسية من الاختلاف الهيكلي والوظيفي بين المحاصيل ثلاثية الكربون (C_3) كالجت والبرسيم، والمحاصيل رباعية الكربون (C_4) مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان .ففي البيئات ذات الإشعاع الشمسي المرتفع، تعاني محاصيل الـ C_3 من ظاهرة التنفس الضوئي(Photorespiration) ، حيث يقوم إنزيم الروبيسكو (Rubisco) باستهلاك الأكسجين بدلاً من ثاني أكسيد الكربون، مما يؤدي إلى فقدان جزء كبير من الطاقة الكيميائية المصنعة. أما في المحاصيل رباعية الكربون، فتحدث آلية فسيولوجية متطورة تُعرف بـ المضخة الكربونية، حيث يتم تثبيت الكربون أولياً بواسطة إنزيم (PEP carboxylase) الذي يمتلك ألفة عالية جداً لثاني

أكسيد الكربون، مما يسمح للنبات بالبقاء منتجاً حتى في ظل الانغلاق الجزئي للثغور نتيجة الإجهاد المائي.

علاوة على ذلك، ترتبط ديناميكية تمثيل الكربون تحت ظروف الملوحة المرتفعة بقدرة النبات على حماية النظام الضوئي الثاني (PSII) من الأكسدة الضوئية.

أن التحدي الأكبر تحت ظروف الإجهاد يكمن في الحفاظ على التوازن بين التفاعلات الضوئية وتفاعلات الظلام (دورة كالفن)، إذ يؤدي اختلال هذا التوازن إلى تراكم الإلكترونات الحرة وتولد جذور الأكسجين النشطة (ROS) التي تهاجم البروتينات والدهون في غشاء الثايلوكويد. لذا، فإن الأصناف العلفية المتفوقة هي التي تمتلك نظاماً تصريفياً للطاقة الزائدة عبر مسارات بديلة مثل دورة الزانثوفيل أو عبر زيادة النشاط الإنزيمي المضاد للأكسدة.

ومن منظور الكيمياء الحيوية(Plant Chemistry) ، فإن كفاءة تمثيل الكربون لا تنعكس فقط على كمية المادة الجافة، بل على نوعيتها أيضاً، حيث إن المحاصيل التي تمتلك كفاءة عالية في تثبيت الكربون تحت الإجهاد تظهر تفوقاً في تخزين البروتينات المرتبطة بالكلوروفيل (LHC) ورفع مستويات السكريات الذائبة التي تعمل كمواد واقية أوزموزية. إن هذا الفهم الفسيولوجي المعمق لمسارات الكربون يتيح للباحثين وضع نماذج تنبؤية للإنتاجية في ظل التغيرات المناخية، ويؤكد ضرورة انتخاب السلالات العلفية بناءً على معايير الفلورة الكلوروفيلية (Chlorophyll Fluorescence)وكفاءة استخدام وحدة المياه لكل وحدة كربون مثبتة، مما يضمن استدامة الأمن العلفي في المناطق الجافة وشبه الجافة.

أولاً: استراتيجية النباتات ثلاثية الكربون(C_3)

أمثلة: البرسيم (الجت)، الشوفان، الشعير.

تعتمد هذه المحاصيل مسار دورة كالفن-بنسون، حيث يتم اقتناص CO_2 عبر إنزيم الروبيسكو لإنتاج مركب ثلاثي ذرات الكربون (3 -PGA)

❖ **معضلة التنفس الضوئي والملوحة:**

في المناطق الحارة والمالحة (كبادية المثنى وجنوب العراق واغلب المناطق الصحراوية في الوطن العربي)، يواجه هذا المسار تحدياً مزدوجاً، فارتفاع الحرارة يحفز إنزيم الروبيسكو على استهلاك الأكسجين بدلاً من الكربون، بينما يؤدي الإجهاد الأسموزي الناتج عن الملوحة إلى غلق الثغور، مما يقلل من تدفق - CO_2 هذا يؤدي إلى هدر طاقة النبات وتراجع الكتلة الحيوية.

❖ **السمية الأيونية :**

تراكم أيونات الصوديوم والكلوريد في نباتات C_3 يؤدي سريعاً إلى تحلل صبغات الكلوروفيل وتثبيط نشاط الإنزيمات التمثيلية، مما يفسر حساسية الجت للملوحة العالية مقارنة بالمحاصيل النجيلية الصيفية.

ثانياً: استراتيجية النباتات رباعية الكربون(C_4)

أمثلة: الذرة الصفراء، الذرة البيضاء، الدخن، وحشيشة السودان.

تُمثل هذه المحاصيل الطراز التطوري الأرقى للتكيف مع الإجهادات البيئية في الأقاليم الصحراوية، وتتميز بآليتين دفاعيتين:

❖ **التخصص التشريحي والفسيولوجي (Kranz Anatomy) :**
تنفرد بوجود خلايا غمد الحزمة الوعائية التي تعمل كمستودع لتركيز - CO_2 وبفضل إنزيم(PEP-carboxylase) ، تستطيع هذه النباتات تثبيت الكربون بكفاءة عالية حتى عند الغلق الجزئي للثغور الناتج عن الإجهاد الملحي أو المائي.
❖ **التعديل الأسموزي (Osmotic Adjustment) :**
يشير الباحثون في كيمياء النبات إلى أن نباتات C_4 تمتلك قدرة فائقة على تصنيع المذابات المتوافقة مثل حمض البرولين والسكريات البسيطة لموازنة الضغط الأسموزي داخل الخلايا، مما يحمي النظام التمثيلي من الانهيار تحت تأثير مياه الري المالحة.

ثالثاً: التقييم الكيموحيوى للقيمة الغذائية تحت ظروف الإجهاد

يؤكد المتخصصون في مختبرات تحليل الأعلاف أن الظروف القاسية في الهضبة الغربية والمناطق المشابهة تؤثر بشكل مباشر على جودة المنتج النهائي:

- **المحتوى البروتيني : قد يرتفع ظاهرياً نتيجة تراكم المركبات النيتروجينية الدفاعية (البرولين)، لكنه يتطلب دقة في التحليل للتمييز بين البروتين الحقيقي والنيتروجين غير البروتيني.**
- **الألياف والكربوهيدرات : يؤدي الإجهاد الملحي والحراري إلى زيادة سرعة تخشب الأنسجة النباتية (زيادة اللجنين)، مما قد يقلل من معامل الهضم للعلف المنتج في ظروف قاسية.**

وتنبثق الخطورة العلمية لهذا التحول الكيميائي من كونه يغير القيمة البيولوجية للمحصول العلفي جذرياً، إذ أن تراكم النيتروجين غير البروتيني (NPN) مثل الأحماض الأمينية الحرة والنيترات تحت ظروف الجفاف والملوحة يُعد استجابة فسيولوجية تهدف إلى التكيف الأوزموزي، إلا أنه من منظور التغذية قد يؤدي إلى فقدان التوازن الغذائي داخل الكرش. وفي دراسات كيمياء النبات المتقدمة يتم التركيز على تحليل جودة البروتين وليس كميته فقط، حيث يتم فرز أجزاء البروتين إلى فئات (A, B1, B2, B3, C)بناءً على سرعة تحللها، وقد وُجد أن الإجهادات البيئية في المناطق الجافة تزيد من نسبة البروتينات المرتبطة بجدار الخلية(ADIP) ، وهي بروتينات غير قابلة للهضم وتخرج مع الفضلات، مما يضلل الباحثين الذين يعتمدون فقط على البروتين الخام (Crude Protein)كمعيار وحيد.

علاوة على ذلك، تلعب العمليات الكيميائية الحيوية المرتبطة بـ التلجنن (Lignification)دوراً محورياً في خفض جودة الأعلاف الصيفية مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان .فعند تعرض النبات للحرارة المرتفعة، يتم تحفيز مسارات الأيض الثانوي لإنتاج الفينولات التي تتحول لاحقاً إلى لجنين لتدعيم الجدران الخلوية ضد الانهيار الميكانيكي وفقدان الماء. هذا الترسيب المبكر للجنين يغلف السليلوز والهيميسليلوز بروابط تساهمية قوية، مما يمنع الإنزيمات الميكروبية من الوصول إلى الألياف القابلة للهضم. ومن الناحية الفسيولوجية، فإن الزيادة في نسبة الألياف غير الذائبة في المنظف الحامضي (ADF) تحت ظروف الإجهاد تُعد مؤشراً حيوياً على انخفاض الطاقة الصافية للإنتاج(Net Energy for Production) ، مما يستوجب تعديل برامج التغذية التكميلية لتعويض هذا النقص الطاقي.

ومن منظور البحث العلمي المتقدم، يتم حالياً استخدام تقنيات الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIRS) لتقييم هذه التحولات الكيميائية المعقدة بشكل سريع ودقيق. إن التقييم الكيموحيوي الحديث لا يكتفي برصد المكونات الكبرى، بل يمتد لتحليل المعادن الصغرى والفيتامينات التي قد تضطرب مستوياتها نتيجة تداخل أيونات الأملاح (مثل الصوديوم والكلور) مع امتصاص العناصر الضرورية كالبوتاسيوم والفوسفور. إن هذا الفهم العميق للديناميكية الكيميائية للمحصول تحت وطأة الإجهاد يتيح للباحثين والمزارعين في المناطق الصحراوية اختيار التوقيتات المثلى للحصاد وتطبيق معالجات فيزيائية أو كيميائية للأعلاف (مثل المعاملة باليوريا أو هيدروكسيد الصوديوم) لكسر روابط اللجنين ورفع القيمة الغذائية، مما يضمن استدامة الإنتاج الحيواني وتحقيق الكفاءة الاقتصادية في بيئات تتسم بشح الموارد وصعوبة المناخ.

مقارنة شاملة للمسارات الضوئية تحت ظروف العراق والمنطقة العربية

ميزة المقارنة	محاصيل C3 (شتوية/بقولية)	محاصيل C4 (صيفية/نجيلية)
إنزيم التثبيت	(Rubisco حساس للأكسجين والحرارة)	(PEP-case كفاءة عالية جداً)
الاستجابة للملوحة	انخفاض حاد في التمثيل الضوئي	صمود فسيولوجي عبر التعديل الأسموزي
كفاءة استخدام المياه	منخفضة (تفقد مياهاً كثيرة)	عالية (تنتج كتلة أكبر لكل وحدة مياه)
التأثير الحراري	تعاني من هدر التنفس الضوئي	تنمو بكفاءة قصوى حتى 45°م

الخلاصة : توصي الدراسات التخصصية بضرورة التوسع في زراعة نباتات C_4 (الذرة البيضاء والدخن) كبدائل استراتيجية في المناطق المتأثرة بالملوحة والحرارة، مع الحفاظ على نباتات C_3 (كالجت) في المواسم المعتدلة وبإدارة مائية دقيقة.

يُعد فهم العلاقة الجدلية بين النمو والتطور حجر الزاوية في إدارة المحاصيل العلفية، حيث يفرق البديري (2023 (في أبحاثه الرصينة بين النمو (Growth) بوصفه زيادة كمية غير عكسية في أبعاد النبات أو كتلته الحيوية، وبين التطور (Development) الذي يمثل تحولاً فسيولوجياً ونشوئياً يمر به النبات (مثل الانتقال من الطور الخضري إلى الزهري)

أولاً: استراتيجية المصدر والمصب(Source-Sink Relationship)

تعتمد كفاءة المحصول العلفي على كيفية توجيه نواتج التمثيل الضوئي (الأسيميلات) فبينما تسعى محاصيل الحبوب لتوجيه الطاقة نحو البذور، تهدف الإدارة الفسيولوجية للأعلاف إلى تعظيم المصبات الخضرية من خلال :

- ❖ توجيه النواتج : يتم توجيه السكريات والبروتينات المصنعة في الأوراق (المصدر) نحو الأوراق الجديدة والسيقان (المصبات الخضرية) لضمان أعلى زخم للكتلة الحيوية.
- ❖ تأخير التحول الطوري : يعمل الباحثون على إطالة أمد الطور الخضري، لأن الأنسجة في هذه المرحلة تكون في ذروة قيمتها الغذائية، وقبل أن تتحول الطاقة نحو تكوين اللجنين المرتبط بالتزهير والذي يقلل الهضم.

ثانياً: دليل المساحة الورقية (LAI) وتراكم المادة الجافة

تشير الدراسات إلى أن الحفاظ على دليل مساحة ورقية (LAI) يتراوح بين 3 - 4يحقق التوازن المثالي:

1. اعتراض الضوء :عند هذا المستوى، يتم اعتراض أكثر من %90 من الإشعاع الشمسي،

مما يسرع من معدل تراكم المادة الجافة(Dry Matter Accumulation)

2. تجنب التظليل الذاتي :الحفاظ على هذا المدى يمنع وصول الأوراق السفلى إلى نقطة التعويض الضوئي، حيث تستهلك تنفساً أكثر مما تنتج تمثيلاً.

ثالثاً: فسلجة موعد الحش وإعادة التوزيع(Regrowth Dynamics)

عند دمج الإدارة الميدانية بالفسلجة، يظهر أثر موعد الحش كعامل حاسم في استدامة المحصول:

توقيت الحش المثالي :

فسيولوجياً يُفضل الحش عند بداية طور التزهير (10% تزهير)، حيث تكون الكربوهيدرات المخزنة في قواعد السيقان والجذور في أعلى مستوياتها.

ديناميكية الخلفات :

بعد الحش تتغير العلاقة بين المصدر والمصب فجأة، فتصبح الجذور وقواعد السيقان هي المصدر الذي يمد البراعم القاعدية بالطاقة لإنتاج نموات جديدة (خلفات)

التعويض الكيميائي :

يشير المتخصصون في كيمياء النبات إلى أن المحاصيل التي تُقص في الوقت المناسب تحافظ على نسبة عالية من البروتين الخام، بينما التأخير في الحش يؤدي إلى نزيف كربوهيدراتي نحو البذور، مما يضعف قدرة النبات على التعويض ويقلل من عدد الحشات الإجمالية في الموسم.

بالنتيجة إن النجاح في إدارة محصول العلف يكمن في الحفاظ على النبات كـ مصنع أخضر مستمر ، من خلال موازنة المساحة الورقية لضمان أقصى استغلال للطاقة، مع اختيار موعد حش يضمن الحفاظ على مخزون كيميائي كافٍ في القواعد لدعم دورات النمو المتعاقبة(البديري، 2023)

فسيولوجيا ما بعد الحش (Regrowth Physiology)

تُمثل عملية الحش (Defoliation) صدمة فسيولوجية كبرى للنبات، حيث يفقد فجأة مصنعه البيولوجي (الأوراق) ولضمان استمرارية الإنتاج في المحاصيل العلفية، خاصة في بيئة العراق ذات الإجهاد الحراري، يتطلب الأمر إدارة فسيولوجية دقيقة تعتمد على فهم ديناميكية التعويض الحيوي.

تعتمد قدرة المحاصيل المعمرة (كالجت) على النمو مجدداً بعد الحش على ركيزتين:

1. الكربوهيدرات المخزنة (Non-structural Carbohydrates) التي تتركز في التيجان والجذور وتعمل كمصدر طاقة بديل حتى يكتمل تكوين الغطاء الخضري الجديد.

التحليل الإثراءي :تشير المصادر التخصصية في كيمياء النبات إلى أن هذه الكربوهيدرات (وخاصة النشا والسكروز) تعمل كـ بطارية طاقة طارئة. في الأيام الأولى بعد الحش، يتحول النبات من الحالة الذاتية التغذية (Autotrophic) إلى الحالة الغيرية التغذية(Heterotrophic) ، حيث يتم تكسير هذه المعقدات الكربوهيدراتية بواسطة الإنزيمات المحللة لتوفير الهياكل الكربونية اللازمة لبناء الأنسجة الجديدة. إن استنزاف هذه المخازن عبر الحش الجائر أو المتكرر يؤدي إلى ظاهرة الفشل الفسيولوجي وموت التيجان.

2. التوازن الهرموني: حيث يؤدي الحش إلى كسر السيادة القمية للأوكسينات، مما يحفز السايتوكاينينات المنطلقة من الجذور على تنشيط البراعم القاعدية لتكوين سيقان جديدة (حمزة، 2021)

يتضح إن عملية الحش تقطع خط الإمداد الهرموني النازل من القمة النامية (الأوكسينات)، مما يغير النسبة الحرجة بين الأوكسين/سايتوكاينين .هذا التحول الكيميائي يعمل كإشارة استغاثة بيولوجية تُحرر البراعم الساكنة في منطقة التاج من سباتها. وفي مختبرات فسلجة النبات يُلاحظ أن سرعة هذه الاستجابة تعتمد بقوة على كفاءة المجموع الجذري في ضخ السايتوكاينينات، وهو ما يتأثر مباشرة بملوحة التربة وجودة الري.

بالنتيجة فعند دمج عامل الإجهاد الملحي (خاصة في ترب الهضبة الغربية) مع فسيولوجيا ما بعد الحش، تبرز التحديات التالية:

1 -الإجهاد المزدوج :الملوحة تزيد من صعوبة سحب المياه اللازمة لعملية الانتفاخ الخلوي الضرورية لاستطالة البراعم الجديدة.
2 - الاستجابة الكيميائية :يلجأ النبات تحت هذه الظروف إلى استهلاك جزء من الكربوهيدرات المخزنة (الركيزة الأولى) لتصنيع البرولين والمركبات الواقية بدلاً من توجيهها للنمو الخضري، مما يفسر بطء استعادة الغطاء الخضري في الأراضي المالحة مقارنة بالأراضي المستصلحة.

إن النجاح في استدامة محاصيل العلف يعتمد على حلقة متصلة، تبدأ بالحفاظ على دليل مساحة ورقية (LAI) بين 3 -4 لتعظيم المادة الجافة،(وعندما نقول أن القيمة هي 3 - 4، فهذا يعني أن كل متر مربع واحد من التربة مغطى بمساحة ورقية خضراء تتراوح بين 3 إلى 4 أمتار مربعة). وتنتهي باختيار موعد حش يضمن عدم استنزاف المخزون الكربوهيدراتي. فعملية الحش المدروسة لا تكتفي بتحفيز البراعم هرمونياً، بل تضمن أيضاً توزيع النواتج الأيضية بكفاءة بين المصدر المؤقت (الجذور) والمصب الجديد (الخلفات الخضراء)، مما يحافظ على عمر النبات الإنتاجي وتفوقه النوعي في البيئات الصعبة (البديري، 2023، حمزة، 2021)

يمر النبات بسلسلة من الاستجابات الطارئة التي يمكن تلخيص ديناميكيتها في المسار التالي:

1. مرحلة الصدمة وفقدان السيادة (لحظة الحش)

- **الفعل :إزالة القمم النامية.**
- **الأثر الهرموني :هبوط مفاجئ في مستوى الأوكسينات النازلة.**
- **النتيجة :كسر السيادة القمية فوراً.**

2. مرحلة الاستغاثة الكيميائية (0 - 48 ساعة)

- **الفعل :إرسال إشارات من التيجان إلى المجموع الجذري.**
- **الأثر الهرموني :انطلاق تدفقات عالية من السايتوكاينينات من الجذور نحو البراعم الساكنة.**

❖ الأثر الكيميائي :البدء بتسييل الكربوهيدرات المخزنة (NSC) وتحويلها من نشأ معقد إلى سكريات بسيطة (جلوكوز) لضمان توفر الطاقة اللازمة للانقسام الخلوي.

3. مرحلة البناء غير الذاتي (2 - 7 أيام)

❖ الحالة :النبات يعتمد كلياً على المخزونHeterotrophic))
❖ النشاط :استطالة البراعم القاعدية وظهور الخلفات الأولى.
❖ التحدي البيئي :في ترب الهضبة الغربية، يستهلك النبات جزءاً من هذه الطاقة في التعديل الأسموزي لمواجهة ملوحة مياه الري.

4. مرحلة استعادة الاستقلال الضوئي (بعد 10 أيام)

❖ الحالة :وصول المساحة الورقية لنقطة تمكنها من تغطية الاحتياجات التنفسية.
❖ النشاط :العودة لمسار C_3أو) C_4حسب نوع المحصول) لبناء مادة جافة جديدة.
❖ الهدف :الوصول إلى دليل المساحة الورقية الأمثل (LAI 3 -4) لإعادة ملء مخازن التيجان والجذور بالنشأ للدورة القادمة.

الخلاصة لموضوع فسيولوجيا ما بعد الحش وديناميكية التعويض هي التالي:

تعد عملية الحش (Defoliation) إعادة ضبط (Reset) للمنظومة الكيميائية للنبات. وتؤكد الأبحاث على أن استدامة المحاصيل العلفية في العراق والوطن العربي ترتهن بمدى كفاءة النبات في إدارة مخزونه الداخلي وتوازنه الهرموني تحت ضغوط المناخ.

تعتمد قدرة المحاصيل المعمرة (كالجت) على النمو مجدداً بعد الحش على ركيزتين:

1 -الكربوهيدرات المخزنة (Non-structural Carbohydrates) التي تتركز في التيجان والجذور وتعمل كمصدر طاقة بديل حتى يكتمل تكوين الغطاء الخضري الجديد.

إن هذه الكربوهيدرات تمثل الرصيد الاستراتيجي الذي يحدد سرعة الانبعاث (Regrowth)وتكشف التحليلات المخبرية في كيمياء النبات أن التأخير في موعد الحش يؤدي إلى استهلاك هذه السكريات في تكوين البذور، مما يضعف الخلفات التالية. لذا، فإن الحفاظ على تيجان قوية ومجموع جذري سليم في بيئة الهضبة الغربية هو الضمان الوحيد لمنع تدهور المحصول.

2 -التوازن الهرموني: حيث يؤدي الحش إلى كسر السيادة القمية للأوكسينات، مما يحفز السايتوكاينينات المنطلقة من الجذور على تنشيط البراعم القاعدية لتكوين سيقان جديدة (حمزة، 2021)

لانه وببساطة ان هذا التوازن يمثل العقل المدبر لعملية توزيع النواتج (Partitioning)فبمجرد غياب القمة النامية، تندفع السايتوكاينينات لتعمل كـ مفاتيح كيميائية تفتح أبواب النمو للبراعم القاعدية. ويرى الباحثون أن كفاءة هذا التحول الهرموني تتأثر جذرياً بخصوبة التربة، حيث يلعب عنصر النيتروجين دوراً تآزرياً مع السايتوكاينينات لزيادة عدد السيقان في المتر المربع الواحد.

بالتالي يمكننا القول : إن جوهر النجاح في إدارة محاصيل العلف يعتمد على إبقاء النبات في حالة نشاط حيوي دائم (أي بتحويله الى مصنع أخضر لا يتوقف)، وذلك عبر الحفاظ على حجم مناسب للأوراق يضمن امتصاص أكبر قدر من أشعة الشمس وتحويلها إلى غذاء. كما يتطلب الأمر ذكاءً في اختيار وقت الحش، بحيث لا ننهك النبات، بل نترك له مخزوناً كافياً من الطاقة (النشويات والسكريات) في قواعده وجذوره لتأمين نمو الحشات التالية بسرعة وقوة. هذا التلاحم بين 'طاقة الغذاء المخزون' و'النشاط الهرموني' هو السلاح الذي يمكن المحصول من مقاومة ظروف الحرارة العالية وملوحة المياه، ويضمن لنا في النهاية إنتاج مادة علفية دسمة وعالية الجودة تطابق المعايير العلمية المطلوبة.

كيمياء الجدر الخلوية وعملية التخشب (Lignification)

تُعد الجدر الخلوية في المحاصيل العلفية هي المكون الأساسي للألياف التي يحتاجها الحيوان، إلا أن تركيبها الكيميائي يتغير ديناميكياً مع تطور المراحل الفسيولوجية للنبات.

مع تقدم النبات في العمر، تبدأ عملية التخشب لتدعيم السيقان ميكانيكياً. كيميائياً، يتم ترسيب اللكنين بين سلاسل السليلوز والهميسليلوز. فسيولوجياً، يعد اللكنين عدو الجودة، لأنه مركب بوليمري غير قابل للهضم يعيق وصول ميكروبات الكرش إلى المكونات المهضومة. لذا، فإن قرار الحش هو موازنة فسيولوجية دقيقة بين زيادة الكمية (زيادة الألياف) والحفاظ على الجودة (تقليل اللكنين) (جبر، 2021)

أولاً: التحليل الكيموحيوى لمعقد الجدار الخلوي

لفهم دور اللكنين، يجب النظر إلى الجدار الخلوي كـ خرسانة بيولوجية، حيث يمثل السليلوز (ألياف التدعيم) والهميسليلوز (المادة الرابطة)، بينما يعمل اللكنين كـ المادة الأسمنتية الصلبة.

- ❖ **بنية اللكنين :هو بوليمر فينيلي معقد (Phenolic Polymer) يتكون من وحدات كيميائية (Monolignols) ترتبط بروابط تساهمية قوية جداً.**
- ❖ **أثر التغليف :تكمن خطورة اللكنين فسيولوجياً في كونه لا يكتفي بكونه غير قابل للهضم فحسب، بل يقوم بعملية تغليف كيميائي للسليلوز والبروتينات المرتبطة بالجدار، مما يمنع إنزيمات ميكروبات الكرش من الوصول إليها، وهو ما يسمى بـ معامل الإعاقة الكيميائية.**

ثانياً: العوامل البيئية المحفزة للتخشب في العراق والبيئات المشابهة

يرى الباحثون أن ظروف المنطقة المتمثلة بالحرارة والجفاف والتملح تسرع من عملية التخشب بشكل يفوق المناطق المعتدلة، وذلك للأسباب التالية:

1. **الإجهاد الحراري :ارتفاع درجات الحرارة يحفز نشاط إنزيمات البيروكسيديز (Peroxidases)المسؤولة عن بلمرة اللكنين، مما يؤدي إلى تخشب مبكر للسيقان حتى في النباتات الصغيرة.**

2. الإجهاد الملحي :في أراضي البادية، يعمد النبات لتغليظ جدره الخلوية باللكنين كآلية دفاعية لتقليل فقدان الماء ولتوفير دعم ميكانيكي لمواجهة العواصف الرملية والرياح الجافة.
3. شدة السطوع الشمسي :تساهم في تسريع العمليات الأيضية الثانوية التي تنتج المركبات الفينولية المكونة للكنين.

ثالثاً: الموازنة الفسيولوجية بين الكم والنوع

تعتبر هذه الموازنة هي تحدي المنتج في العراق، فكلما تأخر موعد الحش، زادت الكتلة الحيوية (المادة الجافة) نتيجة زيادة سماكة الجدر الخلوية، ولكن في المقابل:

- **انخفاض البروتين :حيث يزداد محتوى الألياف المعقدة على حساب محتويات الخلية الذائبة.**
- **تراجع الاستساغة :تصبح السيقان خشنة وصعبة المضغ، مما يقلل من كمية العلف التي يستهلكها الحيوان(Dry Matter Intake)**
- **معادلة جبر (2021) تؤكد أن نقطة الالتقاء المثالية هي عند طور البراعم الزهرية أو بداية التزهير، حيث تكون نسبة اللكنين لم تتجاوز الحد الحر الذي يمنع الهضم، وفي ذات الوقت يكون تراكم السليلوز قد وصل لمدى يعطي كمية محصول مجدية اقتصادياً.**

رابعاً: استراتيجيات تحسين الهضمية في المناطق الجافة

وفقاً لما يرد في كتب تربية وتحسين النبات، يعمل الباحثون على:

- **استنباط أصناف اللكنين المنخفض :مثل أصناف الذرة البيضاء - (BMR (Brown Midrib التي تحتوي على طفرة طبيعية تقلل من نسبة اللكنين، مما يجعل سيقانها أكثر هضماً وقيمة غذائية.**
- **المعاملات الكيميائية :استخدام اليوريا أو الأمونيا بعد الحصاد لتكسير الروابط بين اللكنين والهميسليلوز، وهي تقنية تُدرس لطلبة الدراسات العليا لتعظيم الاستفادة من المخلفات العلفية في المناطق الصحراوية.**

الخلاصة الكيميائية :إن التخشب هو ضرورة لبقاء النبات وعقبة أمام تغذية الحيوان. والباحث الناجح هو من يفهم فسيولوجيا بناء الجدار الخلوي ليختار اللحظة الكيميائية المناسبة للحش، محققاً بذلك أعلى طاقة مهضومة لكل دونم من الأراضي المزروعة.

الكفاءة الاستخدامية للموارد (Resource Use Efficiency)

تُعد الكفاءة في استغلال الموارد المتاحة هي المعيار الحقيقي لنجاح المحصول العلفي في البيئات الجافة وشبه الجافة، حيث تعمل العوامل البيئية كعوامل محددة للنمو. ويتم تحليل إنتاجية العلف من خلال ثلاث كفاءات أساسية:

أولاً: كفاءة استخدام الضوء(LUE - Light Use Efficiency)

وهي كمية المادة الجافة المنتجة لكل وحدة طاقة شمسية ممتصة.

- **التحليل الفسيولوجي :لا تقتصر هذه الكفاءة على امتصاص الضوء فحسب، بل في قدرة النبات على تحويل الفوتونات الممتصة إلى روابط كيميائية مخزنة في السكريات والبروتينات. في محاصيل مثل الذرة البيضاء، تصل هذه الكفاءة إلى مستوياتها القصوى بفضل نظامها الضوئي الذي لا يصل إلى مرحلة التشبع الضوئي بسهولة، مما يتيح لها الاستمرار في البناء الضوئي حتى في ذروة السطوع الشمسي في الهضبة الغربية.**
- **دور الدليل المساحي :يعتمد تعظيم (LUE) على الحفاظ على دليل المساحة الورقية(LAI 3 -4) ، حيث تضمن هذه التغطية تقليل الضوء الضائع الواصل لسطح التربة وتحويله إلى كتلة حيوية علفية.**

ثانياً: كفاءة استخدام المياه(WUE - Water Use Efficiency)

تُعد كفاءة استخدام المياه المعيار الفسيولوجي الأهم في تقييم نجاح المحاصيل العلفية في المناطق الجافة، وهي تعبر عن كمية المادة الجافة المنتجة مقابل كل وحدة مائية مستهلكة في النتح. وتصل هذه الكفاءة ذروتها في نباتات المسار الرباعي (C_4) كـ الذرة البيضاء وحشيشة السودان والبانيكام، نظراً لامتلاكها آلية تشريحية وكيميائية فريدة تعرف بـ دورة هاتش وسلاك.

تمتاز هذه المحاصيل بقدرتها العالية على تثبيت الكربون حتى في ظل التركيزات المنخفضة لثاني أكسيد الكربون (CO_2) داخل الفراغات البينية للورقة، مما يسمح

للنبات بتحقيق معدلات تمثيل ضوئي مرتفعة مع فتح أدنى للثغور، وهو ما يقلل من فقدان الماء عبر النتح (التميمي، 2024) ومن منظور كيمياء النبات المتقدمة، فإن إنزيم (PEP-carboxylase) في نباتات C_4 يمتلك ألفة عالية جداً لثاني أكسيد الكربون مقارنة بإنزيم (Rubisco) في نباتات C_3، مما يمنحها تفوقاً تنافسياً في البيئات الحارة، إذ تستطيع إنتاج ضعف المادة الجافة تقريباً بنفس كمية الماء التي تستهلكها المحاصيل التقليدية.

علاوة على ذلك، ترتبط كفاءة استخدام المياه في هذه المحاصيل بقدرتها على التعديل الأوزموزي وزيادة عمق النظام الجذري، مما يضمن استمرارية تدفق المياه من التربة إلى الأوراق تحت ضغوط سالبة عالية. إن فهم هذه الميكانيكية يتيح لمنتجي الأعلاف في البيئات الصحراوية جدولة الري بطريقة فسيولوجية تضمن أقصى عائد من البروتين والطاقة بأقل استهلاك مائي ممكن، وهو ما يعزز من مفهوم الزراعة الذكية مناخياً الذي يتبناه هذا المنهج.

- التحليل الكيموحيوى :تُعد الذرة البيضاء وحشيشة السودان من أكثر المحاصيل اقتصاداً في استهلاك المياه. فسيولوجياً، وبسبب امتلاكها مضخة الكربون الإنزيمية، يستطيع النبات الحفاظ على معدلات تمثيل عالية حتى عندما تكون الثغور نصف مغلقة لتقليل فقدان الماء بالنتح.
- التكيف مع الجفاف :تشير الأبحاث إلى أن رفع (WUE) هو السلاح الأقوى لمواجهة التغيرات المناخية ونقص مياه الري، حيث تنتج محاصيل الـ C_4 ضعف المادة الجافة التي تنتجها محاصيل الـ) C_3 كالجت) مقابل كل لتر ماء يتم استهلاكه تحت ظروف الإجهاد الحراري.

ثالثاً: كفاءة استخدام النيتروجين(NUE - Nitrogen Use Efficiency)

ترتبط بقدرة النبات على تحويل النيتروجين الممتص إلى بروتين علفي عالي القيمة (الركابي، 2024)

- الديناميكية الأيضية :لا تتوقف هذه الكفاءة عند حدود امتصاص النيتروجين من التربة، بل في سرعة دخوله في دورات التصنيع الحيوي لإنتاج الأحماض الأمينية والبروتينات. ويؤكد الركابي (2024) أن المحاصيل التي تمتلك (NUE) عالية هي التي تستطيع الحفاظ على قيمة بروتينية مرتفعة حتى مع تقليل جرعات التسميد المعدني، مما يقلل من التكلفة الاقتصادية والتلوث البيئي.

- **العلاقة بالملوحة :في الترب عموما تتأثر (NUE) بوجود الأملاح التي تنافس أيونات النترات في الامتصاص، لذا فإن اختيار الأصناف ذات الكفاءة العالية يعد استراتيجية حيوية لضمان جودة البروتين العلفي.**

رابعاً: التآزر الوظيفي بين الكفاءات الثلاث

أن هذه الكفاءات لا تعمل بشكل منعزل، بل هي منظومة متكاملة:

1. **بناء البروتين :يحتاج النيتروجين (NUE) إلى طاقة كيميائية (ATP) ناتجة من التمثيل الضوئيLUE)) ،**
2. **الموازنة الحرارية :تحتاج عمليات التمثيل الضوئي إلى تبريد الثغور عبر النتح، وهنا تبرز أهمية كفاءة استخدام المياه (WUE) للحفاظ على برودة الأنسجة دون استنزاف المخزون المائي.**
3. **جودة العلف النهائية :إن المحصول الذي يوازن بين هذه الكفاءات الثلاث هو الذي يعطي مادة جافة غنية بالبروتين، منخفضة اللكنين، وذات طاقة استقلابية عالية.**

بالتالي فإن الهدف النهائي من دراسة هذه الكفاءات هو تمكين المزارع والباحث في العراق من إنتاج أقصى كمية بأقل موارد. ويتم ذلك عبر:

1. **تحسين إدارة الري لرفع .WUE**
2. **الضبط الدقيق لمواعيد الحش للحفاظ على دليل ورقي يعظم .LUE**
3. **استخدام الأسمدة النيتروجينية بتوقيتات تتوافق مع ذروة النشاط الفسيولوجي لرفع .NUE (كفاءة استخدام النيتروجين)**

والنتيجة : إن التكامل بين هذه العوامل هو ما يمنح الذرة البيضاء وحشيشة السودان تفوقاً فسيولوجياً في أراضي العراق وعموم المنطقة العربية، حيث تحول هذه النباتات قسوة البيئة إلى وفرة علفية.

في بيئة بادية المثنى والسهل الرسوبي كمثال تلجأ محاصيل العلف إلى التعديل الأسموزي (Osmotic Adjustment) عبر تراكم مركبات ذائبة مثل (Proline) والسكريات المختزلة. هذا التراكم يقلل من الجهد المائي الداخلي للخلايا، مما يسمح للنبات بسحب الماء من تربة ملحية ذات جهد مائي منخفض جداً (الخفاجي، 2021)

أولاً: كيمياء المذابات المتوافقة(Compatible Solutes)

يُعد التعديل الأسموزي استجابة دفاعية نشطة تتطلب استهلاك طاقة كيميائية (ATP) لبناء مركبات عضوية واقية لا تتدخل في العمليات الأيضية الطبيعية للخلية، ولذلك تُسمى بالمذابات المتوافقة.

- ديناميكية البرولين :يشير الباحثون إلى أن تراكم حمض البرولين ليس مجرد استجابة للإجهاد، بل هو وسيلة لحماية الغشاء البلازمي للبلاستيدات الخضراء من التحلل بفعل جذور الأكسجين الحرة (ROS) الناتجة عن الملوحة.
- السكريات المختزلة :تعمل هذه السكريات (مثل الجلوكوز والفركتوز) على الحفاظ على ضغط الانتفاخ (Turgor Pressure) داخل الخلايا، وهو المحرك الأساسي لاستطالة الخلايا ونمو الأوراق الجديدة بعد عملية الحش.

ثانياً: التكيف النوعي في الذرة البيضاء وحشيشة السودان

تنفرد محاصيل مثل الذرة البيضاء بقدرة استثنائية على إجراء التعديل الأسموزي مقارنة بمحاصيل العلف الشتوية، ويظهر ذلك من خلال:

1. سرعة الاستجابة :بمجرد انخفاض الجهد المائي للتربة تُفعل الذرة البيضاء مسارات كيميائية حيوية ترفع تركيز العصارة الخلوية في الجذور قبل الأوراق، مما يضمن استمرار تدفق المياه من التربة الملحية إلى داخل الأوعية الناقلة.
2. كفاءة العزل الأيوني (Vacuolar Sequestration) بالتزامن مع تراكم البرولين، يقوم النبات بضخ أيونات الصوديوم والكلوريد السامة داخل الفجوات العصارية (Vacuoles) بعيداً عن السيتوبلازم النشط، وهي ميزة فسيولوجية تمنع تسمم الإنزيمات التمثيلية.

ثالثاً: الأثر الفسيولوجي على نمو واستدامة العلف

النجاح في التعديل الأسموزي يؤثر مباشرة على الإنتاجية للمحصول:

- **استمرارية فتح الثغور :بفضل الحفاظ على ضغط الانتفاخ، يستطيع النبات إبقاء ثغوره مفتوحة جزئياً لاستمرار عملية البناء الضوئي، وهو ما يعزز من كفاءة استخدام المياه (WUE) التي ذكرناها سابقاً.**
- **حماية الأنسجة الحديثة :تتركز هذه المركبات الواقية في القمم النامية والبراعم القاعدية، مما يضمن للنبات القدرة على إطلاق خلفات جديدة قوية بعد الحش، حتى لو كانت مياه الري المستخدمة تحتوي على نسب أملاح مرتفعة.**

رابعاً: الربط الإداري والفسيولوجي (الموازنة النهائية)

إن الفهم العميق لفسيولوجيا الإجهاد (الخفاجي، 2021) يفرض على المزارع والباحث في المناطق الصحراوية مراعاة الآتي:

1. **توقيت الري :يجب أن يكون الري متوافقاً مع فترات ذروة النتح لتقليل الضغط الأسموزي على النبات.**
2. **التسميد البوتاسي :يلعب عنصر البوتاسيوم دوراً تآزرياً مع البرولين في تنظيم الجهد الأسموزي، لذا فإن وفرة البوتاسيوم في التربة تعزز من قدرة الذرة البيضاء على مقاومة الملوحة.**
3. **جودة المنتج :بالرغم من أن تراكم هذه المركبات هو وسيلة دفاعية، إلا أنها ترفع من المحتوى النيتروجيني غير البروتيني في العلف، وهو ما يجب أخذه بنظر الاعتبار عند تحليل القيمة الغذائية في المختبرات الرصينة .**

الخلاصة :إن التعديل الأسموزي هو درع كيميائي يسمح لمحاصيل العلف بتحويل الأراضي المالحة في السهل الرسوبي والبادية إلى مساحات منتجة، شريطة اختيار الأصناف القادرة وراثياً على تفعيل هذه المنظومة الفسيولوجية بكفاءة.

بناءً على الدراسات المتقدمة في كيمياء النبات وفسلجة المحاصيل المعتمدة في الأقسام العلمية التخصصية يُعد فهم التمثيل الغذائي الثانوي أمراً جوهرياً لضمان سلامة الحيوان وجودة العلف المنتج في البيئات القاسية. إليك التوسيع العلمي الرصين لهذه الفقرة، مع دمج النص الأصلي وتطويره:

لا تقتصر الوظائف الحيوية في النبات على بناء المادة الجافة فحسب، بل تمتد لتشمل تصنيع ترسانة من المركبات الكيميائية المعقدة التي تُعرف بـ النواتج الثانوية (Secondary Metabolites)وتُجمع المصادر العلمية على أن هذه المركبات تُمثل خط الدفاع الأول للنبات ضد الإجهادات البيئية والآفات الحيوية.

تحتوي بعض الأعلاف على مركبات ثانوية للدفاع:

1. الصابونينات (Saponins) في البقوليات، وتؤثر على التوتر السطحي لسوائل الكرش.

التوضيح الفسيولوجي :الصابونينات هي جليكوسيدات صابونية تمتلك خاصية تكوين رغوة عند اختلاطها بالسوائل. في المحاصيل البقولية كالجت، يؤدي ارتفاع تركيز هذه المركبات (خاصة في النموات الحديثة) إلى خفض التوتر السطحي لسوائل الكرش، مما يتسبب في احتباس الغازات وحدوث حالة النفاخ (Bloat) لدى المجترات. ويشير الباحثون إلى أن تركيز الصابونينات يزداد كاستجابة دفاعية عند تعرض النبات للإصابات الحشرية أو الفطرية.

2. الأحماض الهيدروسيانيك (HCN) في الذرة البيضاء عند تعرضها للإجهاد ، مما يتطلب إدراكاً فسيولوجياً للوقت المناسب الرعي الآمن

التوضيح الكيموحيوى :يوجد هذا المركب في الذرة البيضاء وحشيشة السودان على هيئة جليكوسيد غير سام يُسمى الدرين (Dhurrin) تكمن الخطورة عند تعرض النبات لإجهاد حاد (جفاف شديد أو صقيع) أو عند الحش المبكر جداً، حيث تنشط إنزيمات النبات لتحلل الدرين وتحرير حمض الهيدروسيانيك (HCN) السام، والذي يمنع نقل الأكسجين في دم الحيوان.

النواتج الأيضية الثانوية والآثار الفسيولوجية في محاصيل العلف:

تُمثل النواتج الأيضية الثانوية (Secondary Metabolites) في المحاصيل العلفية خط الدفاع الكيميائي الأول الذي طورته النباتات عبر آلاف السنين للتكيف مع التحديات البيئية والبيولوجية. وفي حين أن الأيض الأولي يركز على النمو والتمثيل الضوئي، فإن الأيض الثانوي يختص بإنتاج مركبات معقدة كالقلويدات والجليكوسيدات والفينولات، والتي تعمل كـ دروع كيميائية. إن فهم هذه النواتج في محاصيل العلف، وبالأخص في الذرة البيضاء، ليس مجرد ترف علمي، بل هو ضرورة حتمية لإدارة الإنتاج الحيواني بسلامة وكفاءة، خاصة في البيئات التي تفرض ضغوطاً فسيولوجية حادة على النبات.

وتشمل هذه النواتج الأيضية الثانوية والآثار الفسيولوجية الاتي :

أولاً: ديناميكية السمية تحت ظروف اغلب مناطق الصحراوية في العراق والوطن العربي:

تؤكد الدراسات الحديثة أن العوامل البيئية في المناطق الصحراوية تلعب دوراً محفزاً لزيادة هذه السموم:

- ❖ إجهاد الجفاف :عندما تعاني الذرة البيضاء من نقص المياه في السهل الرسوبي أو البادية، يرتفع تركيز (HCN) في الأوراق الفتية كآلية لحماية الأنسجة الحيوية من الرعي الجائر.
- ❖ التسميد النيتروجيني المفرط :يؤدي التسميد الكثيف بالنيتروجين مع نقص الفسفور إلى تراكم المركبات النيتروجينية الثانوية، مما يزيد من احتمالية حدوث السمية.

ثانياً: الإدارة الفسيولوجية للرعي والحش الآمن (Safety Management Protocol)

نشير الى إن الإدراك الفسيولوجي العميق لمراحل نمو النبات ليس ترفاً علمياً، بل هو صمام أمان لحماية الثروة الحيوانية من التسمم الكيميائي الحيوي. تكمن الخطورة في الذرة البيضاء بوجود جليوكوسيدات سيانو جينية (الدرين) التي تتحول إلى حمض الهيدروسيانيك (HCN) السام تحت ظروف معينة.

ولتجنب هذه المخاطر، يجب اتباع الاستراتيجيات التالية:

1 - معيار الطول الحرج وديناميكية التخفيف الحيوي :

يُنصح بعدم البدء بعمليات الحش أو الرعي لمحصول الذرة البيضاء إلا بعد تجاوز النبات لطول 60-50سم.

- ❖ التوضيح الفسيولوجي :في المراحل الأولى من النمو (أقل من 40 سم)، تكون كثافة جزيئات الدرين في الأنسجة عالية جداً بالنسبة لحجم المادة الجافة. ومع استمرار النمو واستطالة الخلايا، تحدث عملية تخفيف كيميائي(Chemical Dilution) ، حيث تنتشر المركبات السامة في كتلة حيوية أكبر، مما يجعل تركيزها في اللقمة الواحدة التي يتناولها الحيوان دون حد السمية القاتل.
- ❖ الواقع التطبيقي :في مزارع جنوب العراق، قد تخدع النموات السريعة المربي، لكن الالتزام بمسطرة القياس (50 سم كحد أدنى) هو الضمان الفسيولوجي الوحيد.

2 - التكنولوجيا الحيوية للتحويل (الدريس والسيلاج) :

إن عملية تجفيف العلف (صناعة الدريس) أو تحويله إلى سيلاج تقلل بشكل كبير وملموس من محتوى (HCN) نتيجة التفاعلات الكيميائية والفيزيائية أثناء التحويل، مما يجعله آمناً تماماً للاستهلاك الحيواني.

- ❖ في صناعة الدريس :عند قطع النبات وتعرّضه لأشعة الشمس المباشرة (خاصة في صيف البادية القوي)، تبدأ الخلايا بالتهدم، مما يسمح لغاز الهيدروسيانيك بالتطاير في الجو. الدراسات تؤكد أن تجفيف العلف لمدة 48-72 ساعة كفيل بطرد معظم السموم الغازية.
- ❖ في صناعة السيلاج :أثناء التخمر اللاهوائي، تقوم البكتيريا والإنزيمات بتحليل الروابط الكيميائية للجليوكوسيدات السامة، مما يحول العلف من حالة الخطر إلى حالة الأمان الكامل مع ميزة إضافية وهي تحسين الهضمية.

- 3 -خطورة الخلفات والنموات الاستغاثية:

تكون النموات الحديثة التي تظهر مباشرة بعد الحش (الخلفات) أو بعد انتهاء موجة جفاف (نموات استغاثية) محملة بأعلى التراكيز من السموم النباتية، لذا يجب منع وصول الحيوانات إليها قطعياً حتى تصل للطول الآمن.

❖ **التفسير الكيميائي :بعد الحش، يوجه النبات كل طاقته الهرمونية والكربونية نحو البراعم القاعدية الصغيرة. هذه الأنسجة الفتية تكون مُركزة كيميائياً بالسموم كآلية دفاعية طبيعية لحماية نفسها من الاندثار، وهي أخطر مراحل حياة الذرة البيضاء على الحيوان.**

❖ **تحذير الإجهاد :إذا تعرض النبات لموجة عطش شديدة ثم تم ريه، فإن النموات الجديدة التي تظهر بعد الري تكون قنابل موقوتة من حمض الهيدروسيانيك، ويجب الانتظار لمدة لا تقل عن 7-10 أيام قبل السماح بالرعي.**

4 -إضافات فسيولوجية لتعزيز الأمان :

❖ **تأثير الوقت من اليوم :تشير البحوث إلى أن تركيز السموم يكون في أعلى مستوياته في الصباح الباكر عند وجود الندى، لذا يُفضل الحش في الظهيرة عندما يكون التمثيل الضوئي في ذروته والنتح قد ساعد في تقليل الضغط الغازي داخل الأنسجة.**

❖ **أثر التسميد :النقص الحاد في الفسفور مع زيادة النيتروجين يرفع من احتمالية بقاء السموم في النبات لفترة أطول، لذا فإن التسميد المتوازن في ترب السهل الرسوبي يسرع من وصول النبات لمرحلة الأمان الكيميائي.**

- **قاعدة الـ 25 :%كإجراء احترازي إضافي، ينصح علماء فسلجة المحاصيل في العراق بترك ما لا يقل عن 15-20 سم من قاعدة النبات عند الحش، فهذا لا يضمن سرعة الخلفات فحسب، بل يجنب الحيوان تناول التاج وقواعد السيقان التي غالباً ما تتركز فيها المكونات الكيميائية المعقدة.**

نستنتج مما سبق :إن المعرفة بفسلجة النباتات كالذرة البيضاء مثلا تحولها من محصول مثير للقلق إلى عملاق علفي لا يضاهى. و إن الالتزام بـ (معيار الطول، وتقنية التجفيف، والحذر من النموات الحديثة) هو المثلث الذهبي لإنتاج علفي آمن ومستدام في العراق وعموم المنطقة العربية.

1 - معيار الطول (المقياس الفسيولوجي للأمان)

إن اشتراط وصول النبات إلى طول معين (أكثر من 60 سم) ليس إجراءً شكلياً، بل هو لضمان انخفاض تركيز حمض الهيدروسيانيك (HCN) إلى الحدود الآمنة. فسيولوجياً، يتركز السم في الأنسجة المرستيمية الصغيرة، ومع استطالة الخلايا وزيادة عمر النبات،

تنخفض نسبة السمية مقابل زيادة المادة الجافة، مما يحول النبات من مصدر خطر إلى مخزن للطاقة.

2 - تقنية التجفيف (التحول الكيميائي الحيوي)

لا تقتصر أهمية التجفيف (صناعة الدريس) على حفظ العلف فحسب، بل هي عملية تأمين كيميائي، إذ تؤدي أشعة الشمس والتهوية إلى تكسير الروابط الكيميائية للمركبات السيانوجينية السامة وتحويلها إلى غازات طيارة تخرج من النبات. هذا الإيضاح الفني يجعل من التجفيف وسيلة لرفع القيمة الهضمية وتقليل المخاطر الميدانية بشكل قطعي.

3 - الحذر من النموات الحديثة (تجنب فخ النترات والسيانيد):

تُعد النموات الحديثة (الخلفات) التي تظهر بعد الحش أو بعد سقوط مطر مفاجئ عقب جفاف، أخطر مراحل حياة الذرة البيضاء .كيميائياً، تكون هذه الأنسجة في حالة نشاط أيضي شره لتجميع النيتروجين، مما يرفع نسبة النترات والسموم إلى مستويات قاتلة. إن التوعية بهذا الضلع تحديداً تحمي الثروة الحيوانية من حالات التسمم المفاجئ وتضمن استدامة الدورة الإنتاجية.

ثالثاً: مركبات ثانوية أخرى ذات أثر فسيولوجي

بالإضافة لما سبق، يذكر المتخصصون في كيمياء المحاصيل وجود مركبات أخرى تتأثر بالبيئة العراقية وما يشابهها من بيئات:

- العفصيات (Tannins) توجد بنسب متفاوتة في بذور وأوراق بعض أصناف الذرة البيضاء .بالرغم من أنها تحمي النبات من الطيور، إلا أن ارتفاعها يقلل من هضم البروتين في الكرش.
- النترات (Nitrates) في حالات الجفاف الشديد، قد يمتص النبات النيتروجين دون تمثيله، مما يؤدي لتراكم النترات التي تتحول في الكرش إلى نتريت سام، وهو تحدٍ فسيولوجي آخر يواجه زراعة الأعلاف في الترب الملحية.

اهم المحاصيل الحقلية المزروعة في العراق

تُعد المحاصيل العلفية الركيزة الأساسية لاستدامة قطاع الإنتاج الحيواني في العراق، وهي تتقسم جغرافياً وزمنياً بما يتلاءم مع طبيعة المناخ القاري المتطرف وشح الموارد المائية.

أولاً: الترتيب حسب سعة الانتشار والمساحة (أكثر المحاصيل زراعة)

البرسيم المصري(*Trifolium alexandrinum* L.)



1- النشأة والأهمية التاريخية

يُعد البرسيم المصري من أهم البقوليات العلفية الشتوية في المناطق تحت الاستوائية. وتشير المصادر (الدجيلي، 2002، الطائي، 2018) إلى أن الموطن الأصلي للمحصول هو حوض البحر الأبيض المتوسط، ومنه انتقل إلى العراق ليصبح المحصول العلفي

الأول في السهل الرسوبي، نظراً لقدرته العالية على التكيف مع الترب الملحية والظروف البيئية المتغيرة في مناطق مثل المثنى والقادسية.

2 - القيمة الغذائية والكيمياء الحيوية

يحتل البرسيم المصري مكانة مرموقة في كيمياء النبات، حيث يذكر (الصحاف وخلف، 2015) في كتاب *كيمياء المحاصيل* أن الأوراق تحتوي على نسبة بروتين تتراوح بين 20-25%، بينما تنخفض في السيقان لتصل إلى 10-12%.

- ❖ **الأحماض الأمينية :يتميز باحتوائه على توازن مثالي من الأحماض الأمينية الضرورية، لاسيما الليسين.**
- ❖ **المحتوى المعدني :غني بالكالسيوم والفسفور وفيتامينA ، مما يجعله مكملاً غذائياً ممتازاً للحيوانات المنتجة للحليب (جامعة المثنى، كلية الزراعة، 2021)**

3 - المتطلبات البيئية ومواعيد الزراعة

تؤكد الدراسات الفسلجية (الخفاجي، 2010) أن درجة الحرارة المثلى لإنبات البرسيم تتراوح بين 20-25°م.

- ❖ **المواعيد الموصى بها في العراق :حددها (يونس وآخرون، 2014) في كتاب *المحاصيل الحقلية* ابتداءً من 15أيلول وحتى نهاية تشرين الأول.**
- ❖ **التفسير الفسلجي :الزراعة المبكرة (أيلول) تسمح للنبات بتكوين مجموع جذري قوي وقاعدة تاجية متطورة قبل دخول سكون الشتاء أو انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون 5°م، مما يضمن الحصول على حشة أولى مبكرة وغزيرة.**

4 -الإدارة الزراعية وكميات البذور

تعتمد كمية البذور على طريقة الزراعة ونوع التربة. يشير (الجابري، 2019) في دراسة مقدمة لجامعة المثنى أن الكمية المثلى هي 30-40كغم/هكتار.

- ❖ **طرق الزراعة :تُفضل الزراعة على اللمعة في الترب الثقيلة لضمان تلامس البذور مع الرطوبة، بينما تُفضل الزراعة العفير (الجافة) في الترب المزيجة مع ضرورة التغطية البسيطة لضمان عدم انجراف البذور أثناء الري.**

5- الآفات، الأمراض، وطرق الوقاية والمكافحة (توسع تفصيلي(

تتعرض زراعة البرسيم في العراق لتحديات إحيائية تتطلب إدارة متكاملة ((Integrated Pest Management

أ- الآفات الحشرية:

1. يرقة ورق القطن (Spodoptera littoralis) تهاجم البادرات الصغيرة في شهر تشرين الأول وتسبب فقدان المساحة الورقية.

المكافحة: ينصح (الدوري، 2016) باستخدام مبيد دلتاميثرين (Deltamethrin) بتركيز 1 سم^3/لتر، أو مبيد كلوربيريفوس(Chlorpyrifos) ، مع مراعاة فترة الأمان قبل الحشPre-Harvest Interval))

2. سوسة ورق البرسيم (Hypera postica) تظهر في الربيع وتتغذى على القمم النامية.

المكافحة :الرش بمبيد إمامكتين بنزوات عند وصول الإصابة للحد الاقتصادي الحرجي.

ب- النباتات الطفيلية (التحدي الأكبر)

الحامول (*Cuscuta spp.*) نبات طفيلي يمتص عصارة البرسيم ويؤدي لموته.

الوقاية :استخدام بذور مصدقة وخالية من بذور الحامول (غربلة دقيقة)

المكافحة :عند ظهور بؤر الإصابة، يجب حش المنطقة المصابة وحرقها خارج الحقل. كيميائياً، يمكن استخدام مبيدات متخصصة مثل بيريثيو باك صوديوم بحذر شديد وضمن جرعات دقيقة جداً لتجنب سمية المحصول الأصلي.

ج- الأمراض الفطرية:

مرض عفن الجذور وموت البادرات :يسببه فطر *Rhizoctonia solani*خاصة في الري الزائد.

الوقاية :معاملة البذور قبل الزراعة بمبيدات فطرية مثل تيرام (Thiram) أو رايزوليكس.

6- التحسين الوراثي وأهداف التربية(Advanced Plant Breeding)

في سياق تربية المحاصيل المتقدمة، تركز الأبحاث العلمية على:

1. استنباط أصناف متحملة للملوحة :لمواجهة مشكلة التملح في جنوب العراق.
2. رفع كفاءة التثبيت النتروجيني :من خلال تلقيح البذور بسلالات كفوءة من بكتيريا Rhizobium trifolii (الساعدي، 2022)
3. زيادة عدد الحشات :من خلال الانتخاب للصفات المرتبطة بسرعة المعاودة (Regrowth speed)والتبكير في نمو البراعم التاجية.

7- الحش والحصاد

يُنصح بأن تكون الحشة الأولى بعد 50-60يوماً من الزراعة، وما بعدها كل 25-35 يوماً حسب درجات الحرارة. ويؤكد (حسن، 2013) أن الحش على ارتفاع 5-8سم ضروري جداً للحفاظ على مناطق نمو البراعم في منطقة التاج، لضمان استمرارية الإنتاجية طوال الموسم.

الذرة البيضاء(*Sorghum bicolor* L. Moench)

تعتبر محصول استراتيجي للمناطق الجافة والشبه جافة

1 - النشأة والتاريخ(Origin and History)

تُجمع المصادر (العنزي، 2019، حسن، 2015) على أن الموطن الأصلي للذرة البيضاء هو القارة الأفريقية (إثيوبيا والسودان)، حيث نشأت كعشب بري قبل آلاف السنين. دخلت إلى العراق منذ عصور قديمة وتوطنت في السهل الرسوبي والبادية. يشير (الدجيلي، 2002) في كتابه *المحاصيل الحقلية* إلى أن الذرة البيضاء احتلت مكانة

مرموقة في العراق لقدرتها على تعويض النقص في محاصيل العلف والمنتجات الغذائية خلال فصول الصيف اللاهبة.





2 - الأهمية الاقتصادية والفوائد(Economic Importance)

تمتاز الذرة البيضاء بتعدد أغراض استخدامها والتي تشمل الاتي :

1. **إنتاج العلف :تعتبر المصدر الرئيس للسايلج (Silage) عالي الطاقة بسبب محتوى الحبوب والسيقان السكرية.**
2. **إنتاج الحبوب :تدخل في صناعة المركزات العلفية للدواجن والمواشي بنسبة تصل إلى 50-60% كبديل للذرة الصفراء.**

3. الاستخدام الصناعي :تدخل بعض أصنافها في صناعة السكر (الذرة السكرية) وإنتاج الوقود الحيويBio-ethanol))
4. تحسين التربة :تعمل كغطاء نباتي يقلل من تعرية التربة في المناطق الصحراوية والمكشوفة.

---

3 - الخصائص الفسلجية المتقدمة(Advanced Physiology)

تعتبر الذرة البيضاء نموذجاً دراسياً في مساقات فسلجة الإجهاد Plant Stress) (Physiologyللأسباب التالية:

❖ كفاءة التمثيل الضوئي (C4 Pathway) تمتلك دورة (Hatch-Slack) التي تمكنها من تثبيت الكاربون بكفاءة عالية جداً تحت درجات حرارة تتجاوز 45°م، وهو ما يفسر تفوقها في بادية المثنى (الخفاجي، 2018)
❖ السكون الجفافي (Drought Dormancy) يذكر (الساعدي، 2021) في بحوث جامعة المثنى أن المحصول يمتلك آلية التوقف المؤقت عن النمو عند اشتداد الجفاف، حيث تلتف الأوراق لتقليل النتح، وتستأنف النمو فور توفر الرطوبة.
❖ كفاءة استخدام المياه (WUE) تستهلك نصف كمية المياه التي يستهلكها الرز، وأقل بـ 30% مما تستهلكه الذرة الصفراء لإنتاج نفس كمية المادة الجافة.
❖

---

4 -مواعيد الزراعة الموصى بها للذرة البيضاء في العراق

تعتمد المواعيد على الغرض من الزراعة (علف أو حبوب) والظروف الجوية:

1. العروة الربيعية :تُزرع من منتصف آذار (3) إلى منتصف نيسان (4) تهدف غالباً لإنتاج العلف الأخضر المبكر.
2. العروة الخريفية (الرئيسة) تبدأ من منتصف تموز (7) إلى منتصف آب (8) وهي العروة الأفضل لإنتاج الحبوب وتصنيع السايلج، لأن نضج الحبوب يتزامن مع اعتدال درجات الحرارة في تشرين الأول، مما يزيد من وزن الحبة (Grain Weight) كما يوضح (يونس وآخرون، 2014)

5- العمليات الزراعية والخدمة

❖ **كمية البذور :تختلف حسب الغرض، لإنتاج الحبوب (10-12 كغم/هكتار)، ولإنتاج العلف الكثيف (20-25 كغم/هكتار) لضمان سيقان رفيعة سهلة الهضم (الموسوي، 2020)**

❖ **التسميد :يركز كتاب *كيمياء النبات*)الصحاف، 2015) على ضرورة إضافة 120-160كغم نتروجين/هكتار مقسمة على دفعات، مع تركيز خاص على الفسفور عند الزراعة لتشجيع النمو الجذري العميق.**

6- الآفات والمكافحة

تتعرض الذرة البيضاء لآفات خطيرة تتطلب تدخلاً دقيقاً:

1. حمراء الذرة (دودة القصب الكبيرة (*Sesamia cretica*) (تهاجم السيقان وتسبب ظاهرة القلب الميت.

المكافحة :استخدام مبيد ديازينون (Diazinon) محبب في قلب النبات، أو الرش بمبيد كوراجين (Coragen) بجرعة 200 سم³/هكتار (الدوري، 2016)

2. المن (Aphids) يفرز الندوة العسلية ويقلل التمثيل الضوئي.

المكافحة :الرش بمبيد كونفيدورImidacloprid))

3. مرض التفحم (Smut) يصيب العرانيس ويحول الحبوب إلى كتلة سوداء.

الوقاية :تعفير البذور قبل الزراعة بمبيد فيتافاكس) (Vitavax) جامعة المثنى، 2022)

7- محاذير فسلجية: سمية حامض الهيدروسيانيك(HCN)

يجب التنبيه في كتابك إلى مركب الدرين (Dhurrin) يوضح (خلف، 2017) في دراسات كيمياء المحاصيل أن النباتات الصغيرة (أقل من 50 سم) أو تلك المجهدة بالجفاف تحتوي على تركيزات عالية من HCN السام للمواشي.

الوقاية :عدم رعي النباتات قبل وصولها لمرحلة التزهير، أو تجفيف المحصول لعمل الدريس حيث يتطاير الغاز السام أثناء التجفيف.

8- الأصناف المعتمدة في العراق

بناءً على سجلات وزارة الزراعة العراقية والبحوث الأكاديمية:

- **صنف إنقاذ :صنف محلي مستنبط يتميز بمقاومته العالية للجفاف والملوحة.**
- **صنف كافير :يمتاز بإنتاجية عالية من الحبوب.**
- **الأصناف السكرية :مثل (Honey) وتستخدم لإنتاج علف عالي الطاقة.**

الجت - البرسيم الحجازي(*Medicago sativa* L.)

ملك الأعلاف ومخزن البروتين الحي

1 - العمق التاريخي والأصل

يُعد الجت من أقدم المحاصيل العلفية التي عرفها الإنسان. تشير المصادر التاريخية (الدجيلي، 2002، الطائي، 2018) إلى أن موطنه الأصلي هو جنوب غرب آسيا (إيران والمناطق المجاورة)، ومنها انتقل إلى شبه الجزيرة العربية ثم إلى أوروبا وأمريكا. في العراق، ارتبطت زراعة الجت بحضارة وادي الرافدين كعلف أساسي للخيول العربية الأصيلة، وقد أثبتت الدراسات أن الأصناف المحلية العراقية تمتلك تأقلماً وراثياً فريداً مع الظروف البيئية القاسية التي تمتد لآلاف السنين.

2 - القيمة الغذائية والكيميائية(Plant Chemistry)

يؤكد (الصحاف وخلف، 2015) في كتاب *كيمياء النبات المتقدم* أن الجت يتفوق على كافة المحاصيل العلفية بمحتواه الكيميائي:

- **البروتين الخام (CP) تتراوح نسبته بين 18-24%، وتتركز النسبة الأعلى في الأوراق (60-70% من إجمالي بروتين النبات)**
- **الأحماض الأمينية :غني جداً بالليسين والتريبتوفان، وهي أحماض ضرورية لنمو العضلات وإنتاج الحليب.**
- **المحتوى المعدني والفيتاميني :يعتبر المصدر الرئيس للكالسيوم والفوسفور وفيتامينات(A, D, E, K)**
- **معامل الهضم :يمتاز بارتفاع المادة الجافة المهضومة (DDM) مقارنة بالنجيليات، مما يجعله المحصول الأول للأبقار الحلوب والخيول.**





3 - الأهمية الفسيولوجية والبيئية

فسلجياً، يُصنف الجت كمحصول معمر (Perennial) يبقى في الأرض من 3 إلى 5 سنوات أو أكثر حسب الإدارة.

- المجموع الجذري : يمتلك جذراً وتدياً عميقاً جداً قد يصل إلى 10-5أمتار في الترب النفاذة، مما يجعله مقاوماً للجفاف بشكل مذهل (الخفاجي، 2018)

❖ **تثبيت النتروجين : بفضل بكتيريا *Rhizobium meliloti*، يستطيع الجت تثبيت كميات هائلة من النتروجين الجوي (تصل إلى 250-300كغم N/هكتار/سنة(، مما يجعله مصنع أسمدة طبيعي يحسن خصوبة التربة للمحاصيل التي تليه في الدورة الزراعية (يونس وآخرون، 2014)**

4 -مواعيد وزراعة المحصول في العراق

تعتبر مواعيد الزراعة حاسمة لضمان بقاء المحصول لسنوات:

1. العروة الخريفية (الموعد الرئيس) من منتصف أيلول وحتى نهاية تشرين الأول .وهو الموعد المفضل في وسط وجنوب العراق لضمان نمو جذري قوي قبل الصيف القادم.

2. العروة الربيعية :من منتصف شباط إلى منتصف آذار، وتستخدم غالباً في المناطق الشمالية أو عند تعذر الزراعة الخريفية، لكنها تواجه تحدي الأدغال الصيفية المبكرة.

كمية البذور :يوصي (الجابري، 2019) في دراسات جامعة المثنى باستخدام 25-35 كغم/هكتار من البذور المصدقة، مع التأكيد على تلقيح البذور بالعقد البكتيرية (البكتريين) قبل الزراعة في الأراضي الجديدة.

5- إدارة الحش والحصاد(Harvest Management)

تعتمد جودة علف الجت كلياً على توقيت الحش:

- **المرحلة المثلى :يُنصح بالحش عند مرحلة 10% تزهير، حيث يتم تحقيق التوازن المثالي بين كمية المادة الجافة ونسبة البروتين.**
- **الارتفاع عند الحش :يجب ترك 5-7سم فوق سطح التربة لحماية التيجان (Crowns)التي تحتوي على البراعم المسؤولة عن المعاودة(Regrowth)**
- **عدد الحشات :يعطي الجت في العراق ما بين 8-12حشة سنوياً في ظل الري المنتظم والتسميد المتوازن.**

6- الآفات والمكافحة المتكاملة(IPM)

يتعرض الجت لهجوم شرس من عدة آفات يوردها (الدوري، 2016) كالتالي:

أ- الآفات الحشرية:

1. سوسة ورق الجت (*Hypera postica*) أخطر آفة تصيب المحصول في الربيع، حيث تتغذى اليرقات على الأوراق والقمم النامية.

المكافحة :الرش بمبيد دلتاميثرين أو سوبر ميثيرين بعد الحش مباشرة إذا كانت الإصابة شديدة.

2. المن :يسبب تجعد الأوراق ونقل الأمراض الفيروسية.

المكافحة :استخدام مبيدات جهازية مثل أوكسي ديميتون ميثيل.

ب- الأدغال (النباتات المنافسة)

- **الحامول (Cuscuta spp.) العدو اللدود للجت. يتطلب مكافحة ميكانيكية (القطع والحرق) أو كيميائية بمبيدات متخصصة قبل انتشار الخيوط الطفيلية.**
- **الأدغال النجيلية :يمكن استخدام مبيد Galant Super للقضاء على النجيليات دون الإضرار بالجت.**

7- التوصيات السمادية(Plant Nutrition)

وفقاً للمصادر العلمية المختصة يحتاج الجت إلى:

- **الفسفور :عنصر الحياة للجت، يُضاف بمعدل 100-150كغم/هكتار (P2O5) سنوياً لتشجيع التزهير والنمو الجذري.**
- **البوتاسيوم :ضروري جداً لزيادة مقاومة المحصول للملوحة ولحرارة الصيف العالية في بادية المثنى.**
- **العناصر الصغرى :خاصة البورون، حيث يؤدي نقصه إلى اصفرار القمم النامية وفشل عملية التلقيح.**

8- الأصناف المعتمدة في العراق

تنتشر في العراق عدة أصناف:

1. المحلي (العراقي) يتميز بتحمله العالي للملوحة والحرارة وتعدد الحشات.
2. الأصناف المدخلة :مثل (سي آي في 77) والأصناف الأمريكية (مثل بوليستان ونيو مكسيكو)، وتمتاز بإنتاجية عالية ولكنها قد تكون أقل تحملاً لظروف الإجهاد المحلي مقارنة بالصنف المحلي المنتخب.

الشوفان(*Avena sativa* L.)

صيدلية الأعلاف الشتوية ومحصول الأمان الهضمي:

1 - الأصول والتاريخ(Origin and History)

يُعد الشوفان من محاصيل الحبوب الباردة التي نشأت في منطقة الهلال الخصيب ومنطقة حوض البحر الأبيض المتوسط (الدجيلي، 2002) تاريخياً، كان يُعتبر حشيشة مرافقة لمحاصيل القمح والشعير، إلا أنه استُؤنس لاحقاً كمحصول مستقل. يذكر (حسن، 2015) في كتابه *إنتاج محاصيل العلف* أن الشوفان دخل بقوة في الدورات الزراعية العراقية مؤخراً بسبب تحمله للترب المتباينة وتفوقه في القيمة النوعية للألياف مقارنة بالشعير العلفي.

2 - الأهمية الاقتصادية والفوائد(Economic Importance)

يمتاز الشوفان بخصائص تجعله يتصدر قائمة الأعلاف النوعية وذلك للاسباب التالية:

- **الأمان الهضمي :يحتوي الشوفان على ألياف سليلوزية سهلة الهضم، كما يمتاز بوجود مركب بيتا-كلوكان (Beta-glucan) الذي يعمل كمنظم للهضم، مما يمنع حالات اللقمة أو الاضطرابات الهضمية في الأغنام والماعز (الصحاف، 2015)**

- **علف الخيول الأول :يُعتبر الغذاء المثالي للخيول العربية لأنه يوفر طاقة هادئة غير مفاجئة، ويمنع حدوث المغصColic))**
- **تحسين جودة الحليب :تشير الدراسات (جامعة المثنى، 2022) إلى أن تغذية الأبقار على دريس الشوفان ترفع من نسبة الدسم في الحليب.**





---

3 - الوصف الفسيولوجي والكيميائي(Physiology & Plant Chemistry)

فسلجياً يُصنف الشوفان كمحصول شتوي يمتلك مجموعاً جذرياً ليفياً قوياً يمتص العناصر الغذائية بكفاءة عالية.

• **التركيب الكيميائي :يذكر (خلف، 2017) في بحوث *كيمياء النبات* أن الحبوب تحتوي على نسبة عالية من الزيوت (4-6%)، بينما تصل نسبة البروتين في الدريس (Hay)إلى 10-14% حسب مرحلة الحش.**
• **القش والأتبان :تمتاز أتبان الشوفان بأنها أكثر طراوة واستساغة من أتبان القمح والشعير، نظراً لانخفاض محتواها من اللكنين المتخشب.**

---

4 -مواعيد وزراعة المحصول في العراق

تعتبر مواعيد الزراعة حاسمة لتحديد الغرض من المحصول (علف أخضر أم حبوب)

❖ **الموعد الأمثل :يبدأ من منتصف تشرين الأول (10) إلى منتصف تشرين الثاني (11)**
❖ **الزراعة المبكرة :تُفضل إذا كان الغرض هو الحصول على أكثر من حشة (كما في أصناف الشوفان المتعددة الحشات)**
❖ **كمية البذور :يوصي (يونس وآخرون، 2014) باستخدام 100-80كغم/هكتار عند الزراعة لإنتاج العلف، و 80-60كغم/هكتار عند الزراعة لإنتاج الحبوب.**

5- المتطلبات السمادية والري

بناءً على توصيات الباحثين والمختصين :

• **النتروجين :يحتاج الشوفان إلى تسميد نتروجيني متوازن (100-120 كغم N/هكتار) زيادة النتروجين بشكل مفرط قد تؤدي إلى الرقاد (Lodging) نظراً لطول السيقان.**
• **الفسفور :يُضاف بمعدل 80 كغم/هكتار عند الزراعة لتشجيع التفريع (Tillering)**
• **الري :الشوفان أكثر حساسية للجفاف من الشعير، لذا يحتاج إلى ري منتظم، خاصة في مرحلتي البطان والتزهير.**

6- الآفات والمكافحة

تعد وقاية الشوفان جزءاً أساسياً من نجاح المحصول (الدوري، 2016)

أ- الحشرات:

1 -المن (Aphids) أهم آفة تصيب الشوفان، حيث تتجمع على الأوراق والأدلية (السنبلة) وتسبب اصفرار النبات ونقل فيروس تقزم الشعير الأصفر.

المكافحة :الرش بمبيد ثياميثوكسام أو كونفيدور.

2 -الحشرات القارضة :تهاجم البادرات في بداية النمو.

المكافحة : إن حماية بادرات الشوفان من الحشرات القارضة تتطلب مراقبة حقلية دقيقة في الصباح الباكر للكشف عن النباتات المقطوعة، والبدء فوراً بنثر الطعوم السامة لضمان عدم فقدان الكثافة النباتية المطلوبة لوحدة المساحة.

ب- الأمراض الفطرية:

1 -صدأ التاج (Crown Rust) يظهر على شكل بثرات برتقالية على الأوراق ويقلل من جودة العلف الأخضر بشكل كبير.

المكافحة :زراعة أصناف مقاومة، أو الرش بمبيدات فطرية مثل تيلتTilt))

2 -التفحم المغطى :يصيب الحبوب ويحولها إلى مسحوق أسود.

الوقاية :تعفير البذور قبل الزراعة بمبيدات فطرية جهازية.

ج- الأدغال:

الشوفان ينافس الأدغال بقوة بسبب نموه الخضري الكثيف، ولكن يجب مكافحة الأدغال عريضة الأوراق في المراحل الأولى باستخدام مبيد Granstar بجرعات دقيقة.

7- مراحل الحش والحصاد: أن تحديد موعد الحش يعتمد على الجودة المطلوبة:

- **لأعلى نسبة بروتين :يُحش في مرحلة البطان (قبل خروج السنابل)**

- ❖ لأعلى كمية مادة جافة (دريس) يُحش في المرحلة اللبنية-العجينية للحبوب.
- ❖ إنتاج الحبوب :يُترك حتى الجفاف التام في شهر أيار (5)

8- الأصناف المعتمدة في العراق

تنتشر عدة أصناف معتمدة من قبل دائرة فحص وتصديق البذور:

1. **صنف شيفا (Shifa) صنف عالي الإنتاجية من المادة الخضراء.**
2. **صنف قيدار :صنف محلي محسن يمتاز بتحمله للظروف الجوية في وسط وجنوب العراق.**
3. **أصناف أسترالية :مدخلة تمتاز بجودة الحبوب ولكنها تحتاج إلى عناية مائية عالية.**

الشعير العلفي(*Hordeum vulgare* L.)

عماد الثروة الحيوانية والمحصول الأكثر صموداً في البيئات الهامشية

1 - العمق التاريخي والأصل

يُعد الشعير من أقدم المحاصيل التي استأنسها الإنسان في منطقة الهلال الخصيب (العراق وبلاد الشام) تشير المصادر التاريخية (الدجيلي، 2002) إلى أن السومريين والأكديين في جنوب العراق اعتمدوا على الشعير كغذاء ودعامة اقتصادية نظراً لقدرته على تحمل ملوحة التربة التي بدأت تظهر في تلك العصور. ومنذ ذلك الحين، تطور الشعير في العراق ليصبح المحصول الرعوي الأول، خاصة في مناطق البادية والسهل الرسوبي.





2 - الأهمية الاقتصادية والفوائد(Economic Importance)

لماذا يفضل المزارع العراقي الشعير العلفي؟ يذكر (حسن، 2015) في كتابه *إنتاج محاصيل العلف* عدة أسباب:

- **التكيف البيئي العالي :هو المحصول النجيلي الشتوي الأكثر تحملاً للملوحة والجفاف، حيث يمكنه الإنتاج في ترب لا يصلح فيها القمح أو الشوفان.**
- **الاستخدام المزدوج (Dual Purpose) يمكن استخدامه للرعي المبكر (أو الحش الأخضر) ثم تركه ليعاود النمو لإنتاج الحبوب والقش، وهي ميزة اقتصادية كبرى.**
- **القيمة الغذائية :تحتوي بذور الشعير على طاقة عالية (نشويات)، بينما يوفر العلف الأخضر نسبة بروتين تتراوح بين %16- 12عند حشه قبل مرحلة الاستطالة.**
- **الأتبان (Straw) تُعد أتبان الشعير العلف المالىء الأساسي للأغنام والماعز في العراق خلال فصول الشحة.**

3 - الخصائص الفسيولوجية والكيميائية(Physiology & Plant Chemistry)

فسلجياً، يمتاز الشعير بآليات متطورة لمواجهة الإجهاد الملحي(Salt Tolerance))

- التنظيم الأسموزي :يمتلك الشعير القدرة على تجميع أيونات البوتاسيوم والأحماض الأمينية مثل (Proline) في فجواته الخلوية لمعادلة الضغط الأسموزي الناتج عن ملوحة التربة (الخفاجي، 2018)
- دورة النمو القصيرة :يمتاز الشعير بكونه مهرباً من الجفاف (Drought Escaper)، حيث يكمل دورة حياته بسرعة قبل اشتداد الحرارة وجفاف التربة في الربيع.

---

4 -مواعيد وزراعة المحصول في العراق

تختلف مواعيد الزراعة حسب المنطقة والهدف من الزراعة (علف أخضر أم حبوب)

1. الموعد الأمثل (المروي) من منتصف تشرين الأول (10) إلى منتصف تشرين الثاني (11)
2. الموعد الديمي (المعتمد على الأمطار) يرتبط بسقوط الأمطار الأولى (الرية الأولى)، وعادة ما يكون في شهر تشرين الثاني.
3. الزراعة المبكرة للعلف :يوصي (يونس وآخرون، 2014) بالتبكير في الزراعة (بداية تشرين الأول) إذا كان الغرض هو الحش الأخضر المتعدد لضمان معاودة النمو قبل دخول مربعانية الشتاء.

كمية البذور:

- للإنتاج المتكامل (حبوب وعلف) 100-120 كغم/هكتار.
- لإنتاج العلف الأخضر الكثيف: قد تصل إلى 140-160كغم/هكتار لضمان غطاء نباتي كثيف وسيقان ناعمة.

5- المتطلبات السمادية والري:

بحسب المصادر العلمية و بناء على الدراسات المختصة فان متطلبات الشعير العلفية كالتالي:

- **النتروجين :يحتاج الشعير العلفي إلى دفعات نتروجينية (يوريا) خاصة بعد كل حشة أو رعية لتشجيع المعاودة(Regrowth)**
- **الفسفور :ضروري جداً في الترب الملحية لتعزيز نمو الجذور وتقليل أثر أيونات الصوديوم السامة.**
- **الري :رغم تحمله للجفاف، إلا أن الري المنتظم في مرحلتي التفريع والبطان يضاعف الإنتاجية الخضرية.**

6- الآفات والمكافحة المتكاملة(IPM)

يذكر (الدوري، 2016) أهم الآفات التي تصيب الشعير في المتن الأكاديمي:

أ- الآفات الحشرية:

1. حشرة المن (Aphids) تهاجم المحصول في الربيع وتسبب ذبول الأوراق ونقل فيروس تقزم الشعير الأصفر.

المكافحة :الرش بمبيد ماتادور أو أكتارا.

2. الجعال (حفارات الجذور) تهاجم البادرات في الترب الغنية بالمادة العضوية غير المتخمرة.

ب- الأمراض الفطرية:

1. التفحم السائب والمغطى :يحول السنابل إلى مسحوق أسود.

الوقاية :تعفير البذور بمبيد راكسبان أو تيرام قبل الزراعة.

2. مرض التبقيع الشبكي :يصيب الأوراق ويقلل المساحة الورقية للتمثيل الضوئي.

ج- الأدغال:

الشعير منافس قوي للأدغال، ولكن يجب مكافحة الأدغال عريضة الأوراق (مثل الخباز والسلق البري) باستخدام مبيد D-2,4أو سكرين في مرحلة التفرعات.

7- إدارة الحش والرعي(Grazing Management)

هذه النقطة هي جوهر المنهج الحديث للشعير العلفي ونشير ضمن هذه النقطة للتالي:

- **قاعدة الحش :يمنع الرعي أو الحش إذا قل ارتفاع النبات عن 20-15سم.**
- **القمة النامية :يجب عدم الرعي الجائر (أقل من 5 سم) لأن ذلك يؤدي إلى موت القمة النامية وفشل النبات في المعاودة.**
- **التوقيت :يُنصح بالتوقف عن الرعي في بداية مرحلة الاستطالة إذا كان المزارع يرغب في الحصول على محصول من الحبوب لاحقاً.**

8- الأصناف المعتمدة في العراق

بناءً على بحوث وزارة الزراعة وجامعة المثنى:

1. **صنف سمير :صنف واسع الانتشار يمتاز بمقاومته للملوحة والجفاف.**
2. **صنف أريوات :صنف مبكر النضج، ممتاز للزراعة الديمية والمناطق شبه الصحراوية.**
3. **صنف شعير-9 :صنف مخصص لإنتاج العلف الأخضر والحبوب بجودة عالية.**

حشيشة الراي(Ryegrass)

المحصول الواعد إنتاجياً في الأنظمة العلفية الحديثة

1 - النشأة والتاريخ(Origin and Context)

تنتمي حشيشة الرأي إلى الجنس *Lolium*، وتُقسم أساساً إلى نوعين رئيسيين : حشيشة الرأي الإيطالية (*Lolium multiflorum*)وهي حولية، وحشيشة الرأي المعمرة (*Lolium perenne*)تاريخياً، يعود أصلها إلى منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط وأوروبا. أما في العراق، فيشير (حسن، 2015) في كتابه *محاصيل العلف* إلى أن دخولها كان متأخراً مقارنة بالبرسيم والجت، إلا أنها اكتسبت شهرة واسعة في العقدين الأخيرين، خاصة الأصناف الإيطالية المتعددة الحشات، لقدرتها الهائلة على إنتاج كميات ضخمة من المادة الخضراء في وقت قياسي خلال فصل الشتاء والربيع


.

2 - الأهمية الاقتصادية والفوائد(Economic Importance)

لماذا نعتبرها حيزاً كبيراً في المزارع الحديثة؟ يوضح (الساعدي، 2021) في دراسات جامعة المثنى المزايا التالية:

- **غزارة الإنتاج :تتفوق على الشعير والشوفان في عدد الحشات، حيث يمكن الحصول على 8-5حشات في الموسم الواحد تحت إدارة مروية جيدة.**
- **القيمة الغذائية المتوازنة :تمتاز بنسبة بروتين خام (CP) تتراوح بين %14-18، مع طاقة مهضومة عالية جداً، مما يجعلها مثالية لتسمين العجول وإنتاج الحليب.**
- **الاستساغة العالية :أوراقها وسيقانها ناعمة جداً، مما يقلل من الفقد (Refusal) أثناء التغذية مقارنة بالمحاصيل الخشنة.**
- **صناعة السايلج والدريس :تُعد من أفضل النجيليات لتحويلها إلى سايلج نظراً لمحتواها الجيد من الكربوهيدرات الذائبة التي تشجع التخمر اللاكتيكي.**

---

3 - التوصيف الفسيولوجي والكيميائي(Physiological Traits)

فسلجياً، تعتبر حشيشة الرأي من نباتات C3التي تعشق الجو البارد والرطوبة العالية.

- **سرعة المعاودة (Regrowth) تمتلك قدرة فسيولوجية فريدة على إعادة بناء المساحة الورقية بسرعة مذهلة بعد الحش، بفضل مخزونها العالي من الكربوهيدرات في القواعد التاجية (الخفاجي، 2018)**
- **المجموع الجذري :تمتلك جذوراً ليفية كثيفة جداً تعمل على تحسين بناء التربة (Soil Structure)، وهو ما يركز عليه كتاب *كيمياء النبات*)الصحاف، 2015) في دور تحسين الخصائص الفيزيائية للترب العراقية المدمجة.**

---

4 -مواعيد وزراعة المحصول في العراق

تعتمد نجاح زراعة حشيشة الرأي على التوقيت الدقيق للهروب من حرارة الصيف المتأخرة:

- **الموعد الأمثل :من منتصف أيلول (9) وحتى نهاية تشرين الأول (10) الزراعة المبكرة (في أيلول) تضمن الحصول على أول حشة في شهر تشرين الثاني، وهو وقت حرج لمربي الثروة الحيوانية.**
- **كمية البذور :يوصي (الجابري، 2019) باستخدام 30-40كغم/هكتار من البذور المصدقة.**
- **طريقة الزراعة :تُنثر البذور أو تُزرع بالباذرات بمسافات ضيقة (15-20 سم بين السطور)، ويجب أن تكون زراعة سطحية (عمق 1 -2 سم) لأن البذرة صغيرة جداً.**

5- المتطلبات السمادية والري (إدارة التغذية)

حشيشة الرأي هي محصول نهم للنتروجين:

- **التسميد النتروجيني :يذكر (يونس وآخرون، 2014) ضرورة إضافة 150-200 كغم/N هكتار سنوياً، تُقسم إلى دفعات بعد كل حشة مباشرة لتحفيز النمو الجديد.**
- **الري :حساسة جداً للجفاف. في بيئة المثنى والجنوب، تحتاج إلى ريات متقاربة لضمان بقاء التربة رطبة، خاصة وأن جذورها سطحية نسبياً.**

6- الآفات والمكافحة (توسع تفصيلي)

وفقاً لكتاب *وقاية المحاصيل الحقلية* (الدوري، 2016)، فإن أهم التحديات هي:

أ- الحشرات:

1 -المن (Aphids) يظهر بكثافة في الربيع ويؤدي إلى ذبول النباتات وتغطيتها بالندوة العسلية.

المكافحة :الرش بمبيد إمامكتين بنزوات أو مبيدات جهازية مثل كونفيدور.

2 -الدودة القياسة :قد تهاجم الأوراق في الخريف المبكر.

المكافحة :تتم مكافحة الدودة القياسة في حقول حشيشة الراي عبر المراقبة الحقلية المبكرة للأوراق في الخريف، والتخلص الفوري من الأدغال المحيطة التي تمثل مصدراً للإصابة، مع تفضيل استخدام المبيدات الحيوية (مثل بكتيريا (Bt أو الرش بمبيدات اختيارية متخصصة مع الالتزام التام بفترة الأمان لضمان سلامة العلف المنتج من المتبقيات الكيميائية.

ب- الأمراض الفطرية:

1. مرصدأ الأوراق (Leaf Rust) يسبب تدهوراً سريعاً في القيمة الغذائية والاستساغة.

- **المكافحة :اختيار أصناف مقاومة، وتجنب الكثافة النباتية المفرطة مع الري الزائد.**

2. مرض البياض الدقيقي :يظهر في الأجواء الرطبة والباردة.

ج- الأدغال:

- **بما أن حشيشة الرأي محصول نجيلي، فإن مكافحة الأدغال النجيلية (مثل الهرطمان أو الشوفان البري) صعبة كيميائياً. لذا، فإن الزراعة الكثيفة هي أفضل وسيلة لمنافسة الأدغال وخنقها ميكانيكياً.**

7- إدارة الحش(Harvest Management)

هذا الجزء هو الأهم لمربي الأبقار والأغنام في العراق:

- **أول حشة :تكون عادة بعد 45-60 يوماً من الزراعة (عند وصول النبات لارتفاع 25-30 سم)**
- **الحشات المتتالية :كل 20-30 يوماً حسب درجات الحرارة.**
- **الارتفاع الجوهري :يجب ترك 5-7 سم من قاعدة النبات عند الحش. الحش الجائر (قرب سطح التربة) يدمر القمم النامية ويقلل من عدد الحشات الإجمالية للموسم (جامعة المثنى، 2022)**

8- الأصناف المعتمدة في العراق

تتوفر في الأسواق العراقية أصناف أغلبها مستورد (إيطالية، هولندية، أو أسترالية)

1. الأصناف ثنائية الكروموسومات (Diploid) تمتاز بسيقان رفيعة، وهي الأفضل لإنتاج الدريس (Hay) لسهولة تجفيفها.
2. الأصناف رباعية الكروموسومات (Tetraploid) تمتاز بأوراق عريضة وعصارية عالية(High Water Content) ، وهي الأفضل للرعي المباشر أو السايلج، وتعتبر الأعلى إنتاجية في المادة الخضراء.

و نشيرهنا إلى أن حشيشة الرأي بدأت تحل محل الشعير في المزارع المتطورة التي تمتلك منظومات ري بالرش(Pivot Irrigation) ، لقدرتها على استغلال التسميد والمياه بفعالية أكبر بكثير من المحاصيل التقليدية، فضلاً عن مرونتها في خلطها مع البرسيم المصري لإنتاج علف متوازن (نجيلي + بقولي).

حشيشة السودان (Sorghum sudanense Piper)

المنقذ الصيفي ومحصول الحش المتعدد

1 - التاريخ والمنشأ

تنتمي حشيشة السودان إلى عائلة النجيليات، وموطنها الأصلي هو السودان وتشاد في أفريقيا. دخلت العراق وأصبحت ركيزة أساسية في المزارع الحديثة. يشير (الدجيلي، 2002) إلى أنها تختلف عن الذرة البيضاء في كونها تمتلك سيقاناً أرفع وقدرة أكبر بكثير على إنتاج الأشطاء(Tillers) ، مما يجعلها المحصول المفضل للحش الأخضر المتكرر.





2 - الأهمية الاقتصادية والميزات الحديثة

تُصنف حشيشة السودان كأفضل محصول نجيلي صيفي للأسباب التالية:

1. **تعدد الحشات :تعطي من 4إلى 6 حشات في الموسم الواحد إذا تمت إدارتها بالري والتسميد، متفوقة بذلك على الذرة البيضاء التي غالباً ما تعطي حشة واحدة أو اثنتين.**
2. **الاستساغة والقيمة الغذائية :سيقانها ناعمة وأوراقها غزيرة، وتحتوي على نسبة بروتين تتراوح بين 14%-10، وهي نسبة ممتازة لمحصول نجيلي صيفي.**
3. **كفاءة تحويل المياه :تمتاز بقدرة فائقة على النمو في درجات حرارة تتجاوز 40°م مع استهلاك مائي أقل مقارنة بالذرة الصفراء.**

3 - الخصائص الفسيولوجية والكيميائية

تتبع حشيشة السودان نظام C4 في التمثيل الضوئي، مما يمنحها كفاءة عالية في تثبيت الكربون تحت أشعة الشمس القوية في العراق.

- **سمية حامض الهيدروسيانيك (HCN) يذكر (خلف، 2017) في كتاب كيمياء النبات أن حشيشة السودان تحتوي على مركب الدرين السام، ولكن بنسبة أقل من الذرة البيضاء. ومع ذلك، يجب الحذر عند تغذيتها للحيوانات في مراحل النمو الأولى.**
- **المعاودة (Regrowth) تعتمد فسيولوجيا المعاودة فيها على سرعة تنشيط البراعم القاعدية بعد الحش مباشرة.**

---

4 -مواعيد وزراعة المحصول في العراق

- **الموعد الأمثل :تُزرع عند استقرار درجات الحرارة فوق 20°م، وعادة ما يبدأ من أبريل (نيسان (ويمتد حتى يونيو (حزيران (للعروات المتأخرة.**
- **كمية البذور :يوصي (يونس وآخرون، 2014) باستخدام 35-25كغم/هكتار عند الزراعة نثراً، و 20كغم/هكتار عند الزراعة في سطور (بمسافة 40 سم بين السطور)**
- **عمق الزراعة :يجب ألا يتجاوز 3 - 5سم لضمان بزوغ سريع للبادرات.**
-

5- إدارة الحش والتسميد النتروجيني

بناءً على البحوث والدراسات فإن سر نجاح هذا المحصول يكمن في:

- **التسميد :تحتاج إلى جرعات نتروجينية (يوريا) مكثفة، حيث تُضاف دفعة تنشيطية عند الزراعة، ثم دفعة بعد كل حشة لتحفيز النمو الخضري السريع.**
- **توقيت الحش :للحصول على أعلى قيمة بروتينية، يُنصح بالحش عند وصول النبات لارتفاع 100-80سم .التأخير في الحش يؤدي إلى تخشب السيقان وزيادة نسبة اللكنين(Lignin) ، مما يقلل الهضم.**

- **الارتفاع عند الحش :يجب ترك 10-15سم من قاعدة النبات (فوق مستوى سطح التربة) للحفاظ على البراعم التي تضمن الحشة القادمة.**

6- الآفات والمكافحة

يذكر (الدوري، 2016) في مصادر وقاية النبات العراقية أهم الآفات:

1. **حشرة الحمراء (الدودة المثقبة للسيقان) تسبب موت القمم النامية.**

المكافحة :استخدام مبيدات محببة في قلب النبات مثل ديازينون.

2. **المن :يهاجم الأوراق في منتصف الصيف.**

المكافحة :الرش بمبيد إميداكلوبريد (كونفيدور)

7- الهجن الحديثة(Sorghum x Sudan Grass)

نشير هنا لظهورالهجن الناتجة عن تضريب (الذرة البيضاء × حشيشة السودان)، وتعرف بـ Sorghum-Sudan hybrids))

- **تمتاز هذه الهجن بقوة الهجين(Heterosis) ، حيث تعطي نمواً خضرياً غزيراً جداً، وتتحمل الملوحة بشكل يفوق الأبوين، وهي المنتشرة الآن في المشاريع العلفية الكبرى بالعراق (الساعدي، 2022)**

لوبيا العلف(*Vigna unguiculata* L. Walp)



1- الأهمية الاقتصادية والغذائية

تُصنف لوبيا العلف كأحد أهم المحاصيل البقولية الصيفية في العراق، وتبرز أهميتها في الأنظمة العلفية الحديثة كمرتكز أساسي لرفع القيمة البروتينية للأعلاف النجيلية الصيفية. تتميز اللوبيا بمحتواها العالي من البروتين الخام في الأوراق والسيقان والذي يتراوح بين 16-20%، بالإضافة إلى غناها بالعناصر المعدنية والفيتامينات (الصحاف وخلف، 2015) فسيولوجياً، يساهم هذا المحصول في تحسين خصوبة التربة من خلال تثبيت النتروجين الجوي بواسطة بكتيريا العقد الجذرية من جنس *Rhizobium*، حيث يترك في التربة كميات من النتروجين يستفيد منها المحصول الشتوي اللاحق (يونس وآخرون، 2014)

2 - المتطلبات البيئية ومواعيد الزراعة

تُعد اللوبيا من النباتات المحبة للحرارة، وهي تتحمل درجات الحرارة المرتفعة السائدة في وسط وجنوب العراق وبادية المثنى.

- موعد الزراعة :تُزرع اللوبيا عند استقرار درجات حرارة التربة فوق 20°م، ويبدأ الموعد المثالي من منتصف نيسان (4) وحتى منتصف أيار (5 (للعروة الربيعية، ويمكن زراعتها في عروة خريفية تبدأ من منتصف تموز (7) (حسن، 2015)
- كمية البذور :تختلف حسب طريقة الزراعة، ففي حالة الزراعة المنفردة تُستخدم كمية 30-40كغم/هكتار، أما في حالة التحميل فتنخفض الكمية حسب نسب الخلط المعتمدة (الجابري، 2019)

3 - الزراعة المحملة (Intercropping) لوبيا العلف مع حشيشة السودان

تعد تقنية تحميل اللوبيا مع النجيليات الصيفية (مثل حشيشة السودان أو الذرة البيضاء) من أحدث التوجهات في الإدارة العلفية بالعراق. ويوضح (الساعدي، 2021) في دراسات جامعة المثنى أن هذا النظام يحقق الفوائد التالية:

1. رفع جودة العليقة :تعويض النقص البروتيني في النجيليات الصيفية من خلال المكون البقولي (اللوبيا)
2. الاستغلال الأمثل للموارد :استغلال المساحة والضوء والمياه بشكل أكثر كفاءة، حيث تعمل اللوبيا كغطاء نباتي يقلل من تبخر المياه من سطح التربة.
3. تقليل التسميد النتروجيني :الاستفادة من النتروجين المثبت حيوياً بواسطة اللوبيا وتجهيز جزء منه للمحصول النجيلي المرافق.

4 -العمليات الزراعية والوقاية

- الري :تمتاز اللوبيا بمقاومة جيدة للجفاف، إلا أن انتظام الري ضروري خلال مرحلتي التزهير وعقد الثمار لضمان جودة العلف الأخضر.
- المكافحة :تهاجم اللوبيا عدة آفات أهمها المن وحفار الساق والعنكبوت الأحمر . ويؤكد (الدوري، 2016) على ضرورة المكافحة المبكرة باستخدام مبيدات ذات فترة أمان قصيرة مثل أبامكتين أو ثياميثوكسام لضمان سلامة الحيوانات المتغذية.

• **الأدغال :نظراً لكونها محصولاً عريض الأوراق، يجب الحذر عند استخدام مبيدات الأدغال، ويُفضل الاعتماد على العزق اليدوي أو المبيدات المتخصصة قبل البزوغ.**

إدارة الحصاد وفن الحش في لوبيا العلف

تعتمد الكفاءة الإنتاجية والقيمة الغذائية لمحصول لوبيا العلف اعتماداً طردياً على دقة تحديد ميعاد الحش وأسلوب التنفيذ الميداني، وهو ما يشكل جوهر الإدارة الحديثة للمحاصيل البقولية الصيفية.

أولاً: التوقيت الفسيولوجي الأمثل للحصاد

تشير الدراسات المتقدمة في كيمياء النبات (الصحاف وخلف، 2015) إلى أن المحتوى البروتيني في لوبيا العلف يبلغ ذروته النوعية عند وصول النبات إلى طور بداية عقد الثمار وتكوين القرنات الأولى .في هذه المرحلة، يصل التوازن بين نسبة الألياف الخام والبروتين الكلي إلى أفضل مستوياته قبل أن تبدأ عملية انتقال المغذيات من المجموع الخضري إلى البذور(Translocation) ، مما يؤدي لاحقاً إلى تخشب السيقان وانخفاض معامل الهضم.

ثانياً: إدارة المحصول في أنظمة التحميل(Intercropping Management)

عند زراعة اللوبيا محملةً مع النجيليات الصيفية (مثل حشيشة السودان)، تكتسب إدارة الحصاد بعداً استراتيجياً يتطلب المواءمة بين نمو المحصولين. وفي هذا السياق، يوصي (يونس وآخرون، 2014) بضرورة إجراء الحش بناءً على نمو المحصول النجيلي المرافق لضمان عدم تظليل اللوبيا وإضعاف قدرتها على التمثيل الضوئي. إن الحصاد المتزامن يوفر عليقة متكاملة بالفعل المتبادل حيث تسد اللوبيا العجز البروتيني في النجيل، بينما يوفر النجيل المادة الكربوهيدراتية اللازمة للطاقة.

ثالثاً: آلية المعاودة (Regrowth) وارتفاع الحش

تعد مهارة الحش مفتاحاً لاستدامة المحصول طوال الموسم الصيفي، خاصة في الأصناف العراقية المحلية والمحسنة التي تمتاز بظاهرة تعدد الحشات. وتتلخص التوصيات الفنية الحديثة (جامعة المثنى، 2023) في النقاط التالية:

- **الحفاظ على التيجان الجذرية :يجب أن يتم الحش على ارتفاع لا يقل عن 10سم فوق مستوى سطح التربة. هذا الارتفاع ليس عشوائياً، بل هو ضمانة فسيولوجية للحفاظ على البراعم الإبطية والقواعد التاجية التي تنطلق منها النموات الجديدة.**
- **المخزون الكربوهيدراتي :إن ترك هذا الجزء من الساق يوفر للنبات مساحة ورقية قاعدية كافية لمواصلة عملية التمثيل الضوئي وتوفير الطاقة اللازمة لدفع النموات الخضرية بعد الحش مباشرة، مما يقلل من فترة السكون بين الحشات.**

. تجنب الحش الجائر :يؤدي الحش القريب من سطح الأرض إلى تدمير القمم النامية .

المحاصيل العلفية في الوطن العربي:

خارطة الانتشار والمحتوى البيوكيميائي

أولاً: توصيف المحاصيل السيادية (خارطة الانتشار)

تتشكل الخارطة العلفية العربية بناءً على الكفاءة الفسيولوجية للمحاصيل في مواجهة ندرة المياه، حيث تسيطر محاصيل المسار الرباعي (C_4) صيفاً والبقوليات والنجيليات المتأقلمة شتاءً. وتشير التقارير الصادرة عن المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2022) إلى أن تأمين الفجوة العلفية العربية يعتمد على تنويع التراكيب المحصولية بما يلائم شح المياه.

1. البرسيم الحجازي (الجت):*Medicago sativa* -

يُعد المحصول العلفي الأول في الوطن العربي من حيث المساحة والأهمية الاقتصادية. ويؤكد أبو ضيف (2018 (في دراساته بجامعة القاهرة، أن سيادة الجت تعود إلى قدرته المعمرة وتكيفه مع ملوحة التربة والماء، مما يجعله المحصول الاستراتيجي في دول الخليج ومصر والمغرب العربي.

2. البرسيم المصري:*Trifolium alexandrinum* -

المحصول الشتوي الأكثر انتشاراً، لاسيما في مصر والسودان وبلاد الشام. ويُشير نور الدين (2020 (إلى أن هذا المحصول يمثل الركيزة الأساسية للدورات الزراعية في حوض النيل، نظراً لقدرته الفائقة على تحسين خصوبة التربة وتثبيت النيتروجين الجوي بمعدلات تصل إلى 150-200 كغم نيتروجين/هكتار.

3. الذرة البيضاء (الذرة البيضاء:*Sorghum bicolor* -)

تتصدر قائمة المحاصيل الصيفية في السودان واليمن والعراق. وتؤكد بحوث معهد الدراسات والبحوث الإنمائية في السودان (2021) أن الذرة البيضاء هي محصول الأمن الغذائي الأول في المناطق المجهدة حرارياً، لقدرتها على الدخول في السكون الفسيولوجي أثناء موجات الجفاف.

4. الشعير العلفي:*Hordeum vulgare* -

يُعد الشعير العلفي (Hordeum vulgare) الركيزة الأساسية للأمن العلفي في المناطق الجافة وشبه الجافة، لا سيما في بادية العراق وشمال أفريقيا. تكمن أهميته الاستثنائية في مرونته البيئية العالية، إذ يتفوق فسيولوجياً على معظم النجيليات الشتوية في تحمل الملوحة والترب الفقيرة والإجهاد المائي. من الناحية الإدارية، يُصنف الشعير كمحصول متعدد الأغراض، حيث يُستغل كمرعى أخضر في مراحل نموه الأولى (الرعي المبكر)، مما يحفز النبات فسيولوجياً على زيادة التفرعات (Tillering)، أو يُترك للحصاد كدريس عالي الطاقة، أو لإنتاج الحبوب التي تمثل المكون الأساسي للأعلاف المركزة.

يمتاز الشعير العلفي بمحتوى بروتيني يتراوح بين 12 -14% عند حشه في الطور الخضري، مع توازن مثالي في الألياف الذائبة التي ترفع من كفاءة الهضم لدى المجترات الصغيرة. ويشير حمزة (2019) إلى أن الشعير يمتلك آلية التعديل الأوزموزي عبر تجميع ذائبات كيميائية في الفجوات العصارانية، مما يجعله المحصول الأكثر استدامة في الأنظمة الزراعية المعتمدة على الأمطار (الديمية) أو المياه منخفضة الجودة. وبسبب قصر دورة حياته وكفاءته في استخدام الوحدة المائية، يظل الشعير الخيار الاقتصادي الأول للمربي العربي لمواجهة تذبذب المراعي الطبيعية وتأمين احتياجات القطيع في فترات الحرجة.

5- الكينوا العلفية (Quinoa) ذهب الصحراء الجديد

دخلت الكينوا بقوة إلى الخارطة العربية (مصر، المغرب، الإمارات، والعراق) خلال العقد الأخير.

- **الأهمية :تُصنف كـ محصول مرن (Resilient Crop) الميزة الحديثة هنا هي استخدام المجموع الخضري للكينوا كعلف، حيث يمتاز بمحتوى بروتيني عالٍ وأملاح معدنية نادرة.**
- **الانتشار :تُزرع في المناطق التي تفشل فيها المحاصيل الأخرى بسبب الملوحة العالية (تتحمل ملوحة تصل إلى ملوحة مياه البحر جزئياً)**
- **فسلجياً :تمتاز بقدرة فائقة على التعديل الأوزموزي وتراكم البيتين (Betaine) كواسم كيميائي حيوي للإجهاد (نور الدين، 2020)**

6 - البانيكام (Panicum maximum) عملاق الأعلاف الصيفي

يُعرف بـ المومباسا أو التنزانيا، وهو من أحدث المحاصيل التي أحدثت ثورة في العراق ودول الخليج.

- ❖ **الأهمية :محصول معمر صيفي يمتاز بإنتاجية هائلة من المادة الجافة تتجاوز 100طن/هكتار سنوياً في الظروف المثالية.**
- ❖ **الانتشار :انتشر بشكل مذهل في المزارع الحديثة في كربلاء والمثنى والنجف، لقدرته على إعطاء حشة كل 25-30 يوماً.**
- ❖ **كيميائياً :يمتلك نسبة بروتين تتراوح بين 12 -16%، وهو مستساغ جداً للأبقار والأغنام، ويتحمل الملوحة بشكل جيد جداً)المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2022)**

7 السيسيبانيا (Sesbania) البقوليات الشجرية الحديثة

رغم قدمها تاريخياً، إلا أن استخدامها كـ محصول علفي حولي في الأنظمة الزراعية العراقية يُعد توجهاً حديثاً.

- ❖ **الأهمية :تُستخدم لكسر القاعدة التقليدية (الجت والبرسيم) هي بقولية سريعة النمو جداً، ترفع خصوبة التربة وتوفر علفاً غنياً بالبروتين (يصل إلى 25%في الأوراق)**
- ❖ **الانتشار :تُزرع كأحزمة خضراء أو محاصيل علفية في الترب الملحية والغدقة في وسط وجنوب العراق.**

8 الشوفان العلفي (Oats) الوافد القوي للدورات الشتوية

رغم معرفته قديماً كحبوب، إلا أن دخوله كـ محصول علفي أخضر في العراق والوطن العربي يُعد تطوراً حديثاً في الدورة الزراعية.

- ❖ **الأهمية :يتفوق على الشعير في جودة الدريس وفي طاقة التمثيل الغذائي.**
- ❖ **الانتشار :أصبح المنافس الأول للبرسيم المصري في المناطق التي تعاني من نقص مياه الري الشتوية أو الترب الخفيفة.**

9 التريتيكال (Triticale) المحصول الهجين الأول

هو محصول ثنائي الغرض، يُحش مرتين كعلف أخضر ثم يُترك لإنتاج الحبوب، مما يضاعف الجدوى الاقتصادية (أبو ضيف، 2018)

ويُعتبر التريتيكال المحصول الحديث الأول الذي كسر حاجز الأنواع الطبيعية.

أولاً: كيف تم كسر حاجز الأنواع؟ (الآلية الوراثية)

كسر التريتيكال الحاجز البيولوجي الذي يمنع التكاثر بين الأجناس المختلفة (Reproductive Isolation)عبر عملية تهجين اصطناعية معقدة:

1. التهجين الأولي :تم تضريب نبات القمح (*Triticum*)كأب مؤنث مع نبات الديلم أو الشيلم (*Secale*)كأب مذكر.

2. مشكلة العقم :الناتج الأول من هذا التهجين يكون هجيناً عقيماً (F1) لأن الكروموسومات القادمة من القمح لا تجد قريناً لها من كروموسومات الشيلم أثناء الانقسام الاختزالي.

3. مضاعفة الكروموسومات :تم استخدام مادة كيميائية تسمى الكولشيسين (Colchicine)، والتي تعمل على إيقاف تكوين خيوط المغزل أثناء الانقسام الخلوي، مما يؤدي إلى مضاعفة عدد الكروموسومات وتحويل الهجين من عقيم إلى خصب (Amphidiploid).

ثانياً: لماذا تم استنباط هذا المحصول؟ (الأهداف الإنتاجية)

الهدف الأساسي كان خلق سوبر محصول يجمع بين أفضل ما في الأبوين، وهو ما يدرسه طلاب الدراسات العليا في مادة فيزيولوجيا المحاصيل كنموذج لكفاءة النوع:

- **من القمح :(Wheat) أخذ التريتيكال الإنتاجية العالية للحبوب، والنوعية الجيدة للبروتين، والصفات التصنيعية.**

- **من الشيلم :(Rye) أخذ القوة والصلابة، والقدرة على النمو في الترب الفقيرة والحامضية، ومقاومة الأمراض والظروف البيئية القاسية (الجفاف والبرد الشديد)**

رابعاً: الأهمية في الزراعة العراقية

في بيئة مثل بيئة العراق تبرز أهمية التريتيكال كبديل استراتيجي لإنتاج الأعلاف، وذلك لتميزه بـ:

1. محتوى بروتيني عالي :يتفوق غالباً على الشعير والقمح في نسبة البروتين والأحماض الأمينية الأساسية مثل اللايسين.

2. الاستدامة :يمتلك قدرة عالية على التكيف مع ملوحة التربة، وهي صفة موروثة من الشيلم.

3. تكامل المساحة الورقية :يمتلك التريتيكال قدرة سريعة على تكوين غطاء خضري (LAI) كثيف في وقت قصير، مما يجعله محصولاً ممتازاً للرعي أو السيلاج.

الترتيب حسب الأهمية الاقتصادية واستدامة الإنتاج

ترتبط الأهمية الاقتصادية بجدوى التكاليف مقابل العائد، والدور الفسيولوجي في تحسين بيئة التربة:

1. الذرة البيضاء (المحصول الاقتصادي الأول للمناطق المجهدة (من منظور اقتصادي، تُعد الذرة البيضاء الأقل كلفة في الإنتاج لكل طن من المادة الجافة في بيئة العراق. فهي تتطلب كميات مياه أقل وتسميداً أدنى مقارنة بالمحاصيل الأخرى، مع إعطاء إنتاجية عالية، مما يجعلها المحصول الأكثر ربحية في ظروف التغير المناخي وشح المياه.

2. الجت (الاستثمار طويل الأمد (تكمن أهميته الاقتصادية في كونه محصولاً رأسمالياً، فالمزارع يتكلف مصاريف الحراثة والبذر مرة واحدة كل عدة سنوات، بينما يحصل على عائد مادي مستمر طوال فصول السنة، مما يجعله المحصول الأكثر استقراراً في دخل الفلاح.

3. البرسيم المصري (مخزن النيتروجين (أهميته الاقتصادية غير مباشرة ولكنها جوهرية، فقدرته على تثبيت النيتروجين الجوي حيوياً توفر مبالغ ضخمة من الأسمدة الكيماوية للمحصول الصيفي التالي (كالقطن أو الذرة الصفراء) ضمن الدورة الزراعية، مما يرفع من خصوبة التربة في مناطق السهل الرسوبي.

4. الشعير (الأمن العلفي (يُمثل صمام الأمان لمربي الأغنام والبادية، حيث يساهم في استدامة الثروة الحيوانية خلال فترات الجفاف الشديد بأقل التكاليف الممكنة.

المتطلبات المناخية والمائية لمحاصيل العلف

تُعد الإدارة المائية والمناخية المحرك الأساسي لإنتاجية الأعلاف في المناطق الجافة، حيث تتدخل العوامل الجوية مباشرة في العمليات الأيضية والكيموحيوية للنبات. ففي بيئة العراق والوطن العربي، لا يُنظر إلى الحرارة والماء كعوامل نمو فحسب، بل كـ منظمات كيميائية، إذ يؤدي ارتفاع درجات الحرارة السائدة صيفاً إلى زيادة معدلات النتح، مما يفرض على المحاصيل العلفية (مثل الذرة البيضاء والبانيكام) تفعيل ميكانيكيات فسلجية معقدة للحفاظ على المحتوى المائي للأنسجة. وتلعب الوحدات الحرارية المتراكمة (GDD) دوراً حاسماً في تحديد سرعة تكوين الألياف وتراكم المادة الجافة، فالحرارة المفرطة تُسرع من عملية التلجنن(Lignification) ، مما قد يرفع الإنتاج الكمي لكنه يخفض الجودة الهضمية للمحصول.

أما من الناحية المائية، فإن التحدي في الوطن العربي يكمن في كفاءة الاستخدام لا كمية الري فقط. وتبرز هنا أهمية فهم (نقطة الذبول الفسيولوجي) لكل محصول، حيث تعتمد المحاصيل العلفية الحديثة على استراتيجية التعديل الأوزموزي عبر تجميع ذائبات كيميائية (مثل البرولين والسكريات المختزلة) لرفع ضغطها الداخلي وسحب المياه من التربة المجهدة. إن الإدارة المائية الناجحة في هذا المنهج تتبنى مفهوم الري الناقص المنظم (RDI) في مراحل نمو معينة، مما يحفز النبات كيميائياً على تركيز العناصر الغذائية في الأوراق، ويضمن استدامة الحاصل العلفي في ظل التغيرات المناخية الحادة التي تضرب المنطقة.

الاستجابة المناخية ونظرية العتبة الحرارية

تعد المحاصيل العلفية من أكثر المحاصيل تأثراً بالتقلبات المناخية نظراً لطبيعة نموها الخضري الكثيف. تتحكم الحرارة في سرعة العمليات الحيوية من خلال ما يعرف بـ الوحدات الحرارية المتراكمة (GDD - Growing Degree Days) في بيئة العراق، وخاصة في محافظات الجنوب كالمثنى، يواجه النبات تحدي تجاوز درجات الحرارة العظمى الحرجة التي تؤدي إلى تثبيط الإنزيمات المسؤولة عن بناء البروتين.
إن الفهم المتقدم للعلاقة بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة النسيج النباتي (Canopy Temperature)يعد مؤشراً حيوياً للكشف عن الإجهاد الحراري قبل ظهور علامات الذبول المرئية (ياسين، 2023)

التحليل الفسيولوجي (درجة حرارة الكساء الخضري):

يشير ياسين (2023) إلى أن الفارق بين حرارة الهواء وحرارة النسيج النباتي (T_a -T_c) يُعبر عن كفاءة التبريد بالنتح. عندما يغلق النبات ثغوره بسبب الحرارة الشديدة، ترتفع حرارة الأنسجة بمقدار 2 -5 درجات مئوية فوق حرارة الجو، مما يؤدي إلى الصدمة الحرارية وتفكك الروابط الكيميائية في الكلوروفيل، وهو ما يفسر اصفرار محاصيل العلف في ذروة الصيف.

فسيولوجيا الاحتياجات المائية والعلاقة بين التربة والنبات

الماء في محاصيل العلف ليس مجرد وسيلة للنقل، بل هو الدعامة الهيدروليكية التي تحافظ على انتفاخ الخلايا (Turgor Pressure) اللازم لاستطالة السيقان وتوسع الأوراق.

أ- التبخر- نتح (ETo)

ET_o: هو مقدار الماء المفقود من سطح التربة (تبخر) ومن خلال النبات (نتح) تحت ظروف مناخية معينة، بافتراض وجود محصول مرجعي (غالباً ما يكون الثيل أو الجت) يغطي الأرض بالكامل، وفي حالة نمو نشطة، ومزود بالماء بشكل كافٍ.

المعادلة الأساسية :يتم حسابه عالمياً باستخدام معادلة بنمان-مونتيث (Penman-Monteith) التي تأخذ بنظر الاعتبار أربعة عوامل جوية:

1. **الإشعاع الشمسي :الطاقة اللازمة لتبخير الماء.**

2. **درجة الحرارة :التي تزيد من حركة جزيئات الماء.**

3. **الرطوبة النسبية (العجز في الضغط البخاري): كلما كان الجو جافاً زاد سحب الماء من النبات.**

4. **سرعة الرياح :التي تعمل على إزاحة بخار الماء المشبع من حول الأوراق لاستبداله بهواء جاف.**

لماذا يسجل العراق قيم ET_o مرتفعة جداً؟

في بيئة بادية المثنى والسهل الرسوبي والبيئات المشابهة في الوطن العربي، تجتمع العوامل الأربعة السابقة بحدة عالية، مما يجعل الجو يعمل كـ مضخة عملاقة تسحب المياه من التربة والنبات:

- ❖ **الجفاف الشديد :انخفاض الرطوبة النسبية في صيف العراق (أحياناً أقل من 10%) يزيد من نهم الجو للمياه.**
- ❖ **الرياح الجافة (السموم) تسرع من عملية النتح القسري.**
- ❖ **شدة السطوع :العراق يقع ضمن مناطق الإشعاع العالي، مما يوفر طاقة حرارية هائلة لتبخير المياه.**

يتم حسابه اعتماداً على معطيات الطقس (الحرارة، الرطوبة، سرعة الرياح) وفي المناطق الجافة، يسجل العراق قيم ET_o مرتفعة جداً خلال الصيف، مما يتطلب تعويضاً مائياً دقيقاً لتجنب الوصول إلى نقطة الذبول الدائم(PWP)

ويجب علينا ان ندرك ان في البوادي والمناطق الجافة تصل قيم ET_o في تموز وآب إلى مستويات قياسية، مما يفرض ضغطاً هيدروليكياً هائلاً على الجذور لسحب المياه. إذا لم يتم التعويض المائي بدقة، يلجأ النبات إلى التضحية بالأوراق السفلى لتقليل مساحة النتح.

ب- معامل المحصول (K_c) وديناميكية الحش:

معامل المحصول(K_c)

هو رقم (معامل) يمثل نسبة احتياج المحصول الفعلي للماء مقارنة بمحصول مرجعي (غالباً ما يكون الثيل أو الجت في ظروف قياسية) ببساطة، هو الذي يحدد لنا :كم يحتاج النبات من لترات ماء في كل مرحلة من مراحل عمره؟.

- ❖ **إذا كان K_c أقل من (1)، فهذا يعني أن النبات يستهلك ماءً أقل من المحصول المرجعي.**
- ❖ **إذا كان K_c أكثر من (1)، فهذا يعني أن النبات في ذروة نشاطه ويستهلك كميات مياه كبيرة.**

يختلف هذا المعامل في محاصيل العلف بشكل دوري، فبعد كل عملية حش، ينخفض K_c نتيجة غياب المجموع الخضري، مما يقلل النتح الفعلي، ثم يرتفع بحدة مع استعادة النبات لنشاطه الخضري (الركابي، 2024)

كفاءة استخدام المياه (WUE) واستراتيجيات الري الحديثة

في ظل أزمة الشح المائي العالمية، تبرز ضرورة تبني أنظمة ري تضمن أعلى عائد من المادة الجافة لكل متر مكعب من الماء:

- **الري بالرش (Sprinkler) يحاكي الأمطار ويساهم في غسل الأوراق من الأتربة وتخفيض حرارتها، وهو مثالي للمحاصيل الكثيفة كالبرسيم.**

- **الأثر الفسيولوجي :يقلل الري بالرش من العجز في الضغط البخاري (VPD) حول الأوراق، مما يقلل من النتح القسري ويوفر بيئة مثالية للتمثيل الضوئي في ظروف الجفاف.**

- **الري بالتنقيط تحت السطحي (SDI) يعد ثورة في زراعة الأعلاف بالبادية، حيث يمنع الفقد بالتبخر المباشر ويقلل من نمو الأدغال (التميمي، 2024)**

الأثر الكيميائي :يشير التميمي (2024 (إلى أن هذا النظام يسمح بـ التسميد بالري (Fertigation)، حيث يتم إيصال النيتروجين مباشرة لمنطقة الجذور، مما يرفع من كفاءة استخدام النيتروجين (NUE) التي ناقشناها سابقاً، ويمنع تحول النترات إلى مركبات ثانوية سامة في الأوراق.

هنا يجب علينا ان نراعي الموازنة المائية تحت ظروف الملوحة..

فعند استخدام مياه الآبار (المالحة عادة) ، تتأثر الكفاءة الاستخدامية للموارد كالتالي:

1. **الإجهاد التناضحي :الملوحة ترفع من الجهد الأسموزي للتربة، مما يجعل الـ ETالفعلي أقل من الـ ETالمحتمل، ويجبر النبات على استهلاك طاقته الكيميائية في التعديل الأسموزي بدلاً من بناء المادة الجافة.**

2. **غسل الأملاح :تتطلب استراتيجيات الري في البادية إضافة متطلبات الغسل (Leaching Requirements)لمنع تراكم الأملاح حول التيجان، وهو ما يحافظ على استدامة المحصول لسنوات أطول.**

الخلاصة :إن فهم الفيزياء الحيوية للعلاقة بين المناخ والماء يتيح للمنتج العلفي في العراق ضبط كميات الري ليس فقط لسد العطش، بل لتبريد النبات وإطالة عمره الإنتاجي، مما يحول الموارد المائية الشحيحة إلى طاقة بروتينية عالية الجودة.

مشكلة التملح المرتبطة بالري(Salinity-Irrigation Nexus)

في جنوب العراق، يرتبط الري دائماً بخطر التملح. عند استخدام الري السيحي التقليدي، تتبخر كميات هائلة من المياه تاركةً الأملاح في الطبقة السطحية.

❖ **الجهد الأسموزي :**

تراكم الأملاح يزيد من ملوحة محلول التربة، مما يجعل النبات عاجزاً فسيولوجياً عن سحب الماء حتى لو كانت التربة رطبة (ظاهرة الجفاف الفسيولوجي) ،

❖ **متطلبات الغسل:(Leaching Requirements) :**

يشير الباحثون إلى ضرورة إضافة كمية زائدة من المياه (10-15%) فوق الاحتياج المائي للمحصول لغسل الأملاح بعيداً عن منطقة الجذور (حسين، 2022) ،

الإجهاد المائي وآثاره الكيمو-حيوية (للدراسات العليا)

عند نقص الماء، يرتفع هرمون حمض الأبسيسيك(ABA) ، مما يسبب غلق الثغور. هذا الإغلاق، وإن كان يحمي النبات من الجفاف، إلا أنه يمنع دخول CO_2 ويؤدي إلى تراكم أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) التي تهاجم صبغات اليخضور. إن الأصناف المقاومة هي التي تمتلك منظومة إنزيمية قوية (مثل إنزيم SODو Catalase) لمعادلة هذه الجذور الحرة (الخفاجي، 2021)

أولاً: المسار الإشاري لهرمون الأبسيسيك(ABA Signaling)

يُعرف حمض الأبسيسيك فسيولوجياً بـ هرمون الإجهاد. عند جفاف التربة في مناطق مثل بادية السماوة، تُرسل الجذور إشارات كيميائية سريعة إلى الأوراق عبر الأوعية الناقلة (الخشب) لتحفيز تصنيع(ABA)

❖ **ميكانيكية غلق الثغور :يعمل (ABA) على تغيير نفاذية الغشاء البلازمي للخلايا الحارسة، مما يؤدي إلى خروج أيونات البوتاسيوم (K^+) والماء، فتفقد الخلايا انتفاخها وتغلق الفتحة الثغرية.**

❖ **المقايضة الفسيولوجية :هذا الانغلاق يقلل النتح بنسبة تصل إلى 90%، لكنه يضع النبات في حالة مجاعة كربونية بسبب توقف تدفق CO_2 اللازم لدورة كالفن.**

ثانياً: كيمياء الإجهاد التأكسدي(Oxidative Stress)

عندما تتوقف دورة كالفن نتيجة نقص CO_2 وتستمر البلاستيدات الملونة في امتصاص الطاقة الشمسية العالية (خاصة في صيف العراق)، يحدث فائض طاقي. هذا الفائض يؤدي إلى تحويل الأكسجين العادي إلى صور شرسة تُعرف بـ أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) مثل:

1. جذر السوبر أكسيد ($O_2^{\bullet-}$) وهو أول نواتج الاختزال غير الكامل للأكسجين.

2. بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) مركب قوي يمكنه عبور الأغشية وتدمير الأنزيمات.

3. جذر الهيدروكسيل ($\bullet OH$) وهو الأخطر، حيث يهاجم الدهون المكونة للأغشية الخلوية(Lipid Peroxidation) ، مما يؤدي إلى موت الخلايا المبرمج.

ثالثاً: المنظومة الإنزيمية الدفاعية(Antioxidant Defense System)

تتميز الأصناف المتفوقة من الذرة البيضاء بقدرتها على الحفاظ على استقرار أغشيتها عبر تفعيل الجيش الإنزيمي الذي ذكره الخفاجي (2021(

- ❖ **إنزيم سوبر أكسيد ديسميوتيز (SOD) يمثل خط الدفاع الأول، حيث يقوم بتحويل جذر السوبر أكسيد ($O_2^{\bullet-}$) الخطير إلى بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2)**
- ❖ **إنزيم الكاتاليز (Catalase - CAT) يتواجد بكثافة في الأجسام التأكسدية، ويقوم بتفكيك H_2O_2 بسرعة فائقة إلى ماء وأكسجين عادي، مانعاً بذلك تكوّن جذر الهيدروكسيل القاتل.**
- ❖ **دورة أسكوربات-جلوتاثيون :وهي دورة كيميائية معقدة (تُدرس بعمق في الكيمياء الحيوية المتقدمة) تعمل على إعادة تدوير مضادات الأكسدة غير الإنزيمية مثل فيتامين C و E لمساندة الإنزيمات في عملها.**

رابعاً: الآثار الفسيولوجية المترتبة على الإنتاجية العلفية

الإجهاد المائي لا يقلل كمية العلف فحسب، بل يغير من تركيبه الكيميائي:

1 -تحلل اليخضور :تهاجم الـ (ROS) صبغات الكلوروفيل، مما يؤدي إلى ظاهرة التبقع الشاحب، وهذا يقلل من كفاءة استخدام الضوء (LUE) التي ناقشناها سابقاً.

2 -انخفاض جودة البروتين :يؤدي الإجهاد إلى تكسر البروتينات الهيكلية وتحولها إلى أحماض أمينية حرة (مثل البرولين)، وبالرغم من فائدة البرولين في التعديل الأسموزي، إلا أن القيمة الغذائية الكلية للبروتين العلفي قد تنخفض.

3 -تسريع التخشب :كآلية دفاعية أخيرة، يعمد النبات المصاب بالإجهاد المائي إلى ترسيب اللكنين لتقوية الجدران المتبقية، مما يجعل العلف الناتج أكثر خشونة وأقل هضماً (جبر، 2021)

خامساً: استراتيجيات التخفيف (المعالجة الكيميائية)

تشير البحوث الحديثة إلى إمكانية مساعدة النبات على تجاوز هذه المرحلة عبر:

- **الرش الورقي بمضادات الأكسدة :مثل حامض السالسليك أو حامض الأسكوربيك، والتي تعمل كـ محفزات ترفع من نشاط إنزيمات (SOD) و (CAT) قبل وقوع الإجهاد.**
- **التسميد بالبوتاسيوم :يلعب البوتاسيوم دوراً حيوياً في تنظيم فتح وغلق الثغور، مما يقلل من حدة ارتفاع (ABA) ويحافظ على ضغط الانتفاخ.**

الخلاصة للباحثين :إن الفرق بين صنف مقاوم وصنف حساس يكمن في سرعة وكفاءة هذه المعركة الكيمو-حيوية داخل الخلية. فالمقاوم هو من يغلق ثغوره بذكاء، ويمتلك منظومة إنزيمية (SOD, CAT) قادرة على سحق الجذور الحرة قبل أن تدمر مصانع الكلوروفيل.

الانتخاب الفسيولوجي والوراثي للأصناف المقاومة

إن الانتقال من الفهم الكيميائي إلى التحسين الوراثي يتطلب تحديد ما يسمى بـ المعالم الفسيولوجية (Physiological Traits) التي يمكن قياسها مختبرياً للتنبؤ بأداء المحصول في الحقل قبل الحصاد. إن فلسفة الانتخاب الحديثة لم تعد تعتمد على الحاصل النهائي كمعيار وحيد، بل أصبحت تركز على الكفاءة الداخلية للنبات، والتي تعتبر الواسم الحقيقي للقدرة الوراثية على مواجهة ظروف الإجهاد البيئي في العراق والوطن العربي.

1 - المؤشرات الفسيولوجية كأدوات انتخابية(Physiological Markers)

يتم الانتخاب الوراثي للأصناف المقاومة في محاصيل العلف (مثل الذرة البيضاء والتريتيكال (من خلال تتبع معالم حيوية دقيقة تشير إلى قوة التراكيب الوراثية:

- كفاءة التألق الكلوروفيلي (Chlorophyll Fluorescence) تُعد من أهم المعالم التي تُقاس مختبرياً للتنبؤ بسلامة الجهاز الضوئي (Photosystem II) تحت إجهاد الحرارة والجفاف. التراكيب الوراثية التي تحافظ على استقرار تألق الكلوروفيل هي الأقدر على تحويل الطاقة الضوئية إلى مادة جافة حتى في أقسى الظروف.

- المحتوى المائي النسبي (RWC) يمثل هذا المعلم قدرة الصنف على الاحتفاظ بالماء داخل خلاياه رغم جفاف التربة. ويشير حمزة (2019 (إلى أن الأصناف التي تمتلك قيماً مرتفعة من RWCهي التي تمتلك جينات قادرة على التحكم الدقيق في فتح وغلق الثغور.

- الاستقرار الغشائي (Cell Membrane Stability) تحت ظروف الحرارة العالية، تميل أغشية الخلايا للتحلل. ويُعد قياس النضح الإلكتروليتي معلماً فسيولوجياً حاسماً، فالصنف الذي يظهر تسرباً أقل للأملاح من خلاياه عند تعرضه للحرارة المختبرية يُصنف كصنف مقاوم وراثياً.

2 - الارتباط الوراثي بين الكيمياء والتحمل

في هذا المنهج، نؤكد أن التحسين الوراثي يعتمد على تراكم الذائبات. فالانتخاب لا يتم للنبات الأكبر حجماً فحسب، بل للنبات الذي يمتلك القدرة الوراثية على تجميع البرولين والسكريات المختزلة والبيتين (Betaine) في أنسجته. هذه المركبات تعمل كـ دروع كيميائية تحمي البروتينات الوظيفية من المسخ الحراري. وبناءً عليه، فإن برامج

التربية الحديثة في جامعة المثنى تركز على انتخاب السلالات التي تمتلك سرعة استجابة كيميائية فور حدوث الإجهاد.

3 - الانتخاب لصفة البقاء خضراء(Stay-Green Trait)

تُعد صفة الـ *Stay-Green* من أهم المعالم الفسيولوجية والوراثية في المحاصيل العلفية النجيلية (خاصة الذرة البيضاء (التراكيب الوراثية التي تمتلك هذه الصفة تستمر في عملية البناء الضوئي حتى بعد نضج الحبوب أو تحت ظروف الجفاف الحاد. انتخاب هذه الأصناف يوفر للمربي علفاً أخضر غنياً بالبروتين في وقت تعاني فيه باقي الأصناف من الشيخوخة المبكرة والجفاف.

4 -تحديات الانتخاب في الوطن العربي (الربط البيئي)

تفرض البيئة العربية تحدياً مزدوجاً (ملوحة + حرارة) لذا، فإن المعلم الفسيولوجي المطلوب هو الاستبعاد الأيوني، أي قدرة الجذور وراثياً على منع دخول أيونات الصوديوم (Na^+) الضارة وتفضيل أيونات البوتاسيوم (K^+) هذا التوازن الكيميائي داخل النبات هو الذي يحدد العمر الإنتاجي للمحصول.

الخلاصة إن دمج هذه المعالم الفسيولوجية في برامج التربية والتحسين يُخرجنا من دائرة المصادفة في اختيار الأصناف إلى دائرة التصميم الوراثي. وبذلك، فإن المنهج الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية يقدم رؤية علمية تؤكد أن الصنف المقاوم هو مختبر كيميائي متكامل قادر على الموازنة بين البقاء والإنتاج، وهو ما يسعى إليه الباحث والمزارع العربي على حد سواء.

يتم الانتخاب الفسيولوجي والوراثي للأصناف المقاومة وفق التالي:

أولاً: كفاءة المنظومة الإنزيمية كمعيار انتخابي

في الدراسات التخصصية لا يُنظر إلى المحصول العلفي من حيث طوله فحسب، بل من خلال قوته الكيميائية الدفاعية من خلال:

1. اختبار نشاط SOD و CAT: يتم تعريض عينات من الأصناف المختلفة لـ الذرة البيضاء لإجهاد مائي محكم، ثم يُقاس نشاط هذه الإنزيمات. الأصناف التي تُظهر زيادة معنوية وسريعة في نشاط Catalase و SOD تُصنف كأصناف واعدة للزراعة

في البوادي العراقية ، لأنها تمتلك قدرة وراثية على تحييد السموم التأكسدية (ROS) فور تكوّنها.

2. ثبات الغشاء الخلوي (Membrane Stability Index - MSI) يُعد هذا المقياس مؤشراً غير مباشر على نجاح المنظومة الإنزيمية، فكلما كانت الإنزيمات فعالة، قلّت نسبة هدم الدهون في الأغشية، وبالتالي انخفض تسرب الأيونات من الخلايا، مما يعني قدرة النبات على الحفاظ على حيويته لفترة أطول.

ثانياً: الانتخاب بناءً على بصمة حمض الأبسيسيك(ABA Profile)

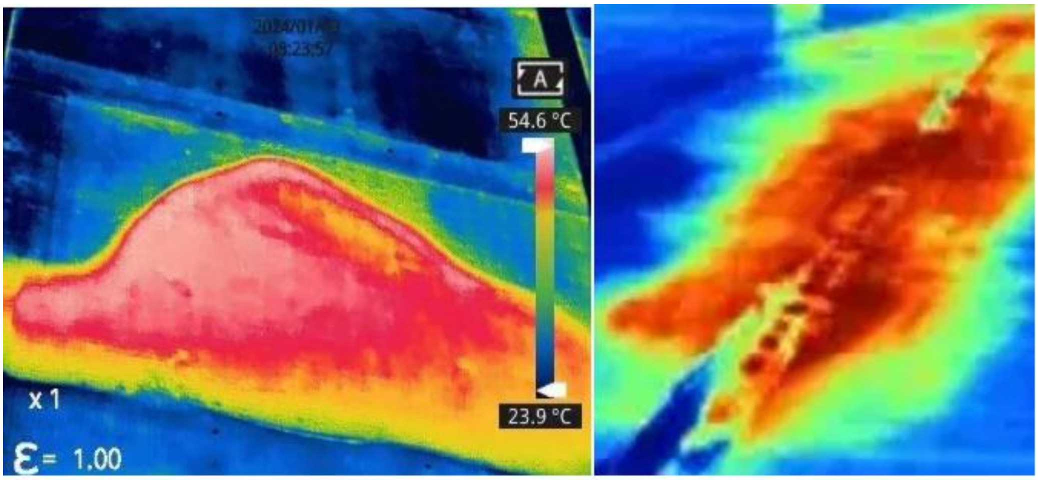
يُعد التوازن بين سرعة الاستجابة لـ (ABA) وبين استمرار التمثيل الضوئي معياراً انتخابياً دقيقاً:

- **الأصناف الحذرة (Isohydric) هي التي ترفع تركيز (ABA) وتغلق ثغورها بمجرد حدوث أدنى نقص مائي. هذه الأصناف تنجح في البقاء لكن إنتاجيتها العلفية تكون منخفضة.**

- **الأصناف المغامرة (Anisohydric) وهي المفضلة في برامج التربية المتقدمة لـ الذرة البيضاء، حيث تستمر في فتح ثغورها جزئياً بفضل قدرتها العالية على التعديل الأسموزي وتراكم البرولين (الخفاجي، 2021)، معتمدةً على جيشها الإنزيمي لمواجهة أي جذور حرة قد تتكون نتيجة هذا التأخير في غلق الثغور.**

ثالثاً: التقنيات الحديثة في الانتخاب (الاستشعار الفسيولوجي)

وفقاً لما أورده ياسين (2023)، يتم توظيف تقنيات حديثة لانتخاب هذه الأصناف دون الحاجة للمختبرات الكيميائية المعقدة دائماً:



1. التصوير الحراري (Thermal Imaging) للكشف عن درجة حرارة الكساء الخضري (T_c) الأصناف التي تحافظ على برودة أوراقها رغم الحرارة هي الأصناف التي تمتلك كفاءة مائية وهيدروليكية عالية.

2. فلورة الكلوروفيل (Chlorophyll Fluorescence) يُستخدم هذا المقياس للكشف عن كفاءة النظام الضوئي الثاني (PSII) إذا تعرض هذا النظام للتدمير بفعل الـ (ROS)، فإن الفلورة ستنخفض، مما يعطي إشارة فورية للباحث بأن هذا الصنف غير قادر كيميائياً على مواجهة الإجهاد.

رابعاً: تكامل الجودة الكيميائية والمقاومة الفسيولوجية(موازنة البقاء والعطاء)

من الناحية الأكاديمية الصرفة، يُنظر إلى النبات كمظومة حيوية تسعى لتوجيه طاقاتها المتاحة (Carbon Allocation) إما نحو النمو والجودة أو نحو الدفاع والمقاومة. وفي بيئة قاسية كبيئة العراق والوطن العربي، قد تنزلق بعض الأصناف نحو دفاعات سلبية تُفقدها قيمتها العلفية. لذا، يتركز المنهج الحديث على محورين أساسيين لضمان جودة المحصول المقاوم:

أولاً: المقاومة الكيميائية الحيوية مقابل المقاومة الميكانيكية

تحت ظروف الجفاف الشديد، تلجأ بعض الأصناف التقليدية إلى وسيلة دفاع ميكانيكية قاسية تُعرف بـ التلجنن المبكر(Early Lignification) ، حيث يقوم النبات بترسيب كميات كبيرة من اللكنين في جدران الخلايا لتقوية الساق ومنع الانهيار الفسيولوجي. ورغم أن هذا التخشب يمنح النبات مقاومة ميكانيكية، إلا أنه يُعد انتحاراً إنتاجياً من

منظور التغذية، لأنه يقلل معامل الهضم بشكل حاد ويجعل الألياف غير قابلة للتحلل في كرش الحيوان.

في المقابل، يركز الانتخاب الحديث (حسب رؤية جامعة المثنى) على الأصناف التي تعتمد على المقاومة الكيميائية الحيوية (Biochemical Resistance) هذه الأصناف تستخدم البرولين والسكريات الذائبة والبروتينات الواقية (Heat Shock Proteins) كمنظمات أوزموزية. هذه الاستراتيجية تسمح للنبات بالحفاظ على ليونة الأنسجة (Tissue Turgidity)واستمرار العمليات الحيوية دون الحاجة إلى التخشب، مما يضمن في النهاية علفاً مقاوماً للجفاف وعالي الهضم في آن واحد.

ثانياً: كفاءة استخدام النيتروجين (NUE) واستدامة البروتين

يُعد النيتروجين المحرك الأساسي لبناء البروتين، لكن الإجهاد الملحي والمائي يعيق امتصاصه وتمثيله. وهنا يأتي دور كفاءة استخدام النيتروجين (Nitrogen Use Efficiency)كمعلم انتخابي فسيولوجي حاسم.

إن الأصناف التي يتم انتخابها في هذا المنهج هي تلك التي تمتلك مسارات إنزيمية نشطة (مثل إنزيمات Nitrate Reductase) حتى تحت ضغط الملوحة. الهدف هو ضمان بقاء نسبة البروتين الخام في العلف ضمن المستويات المطلوبة (14-18% في البقوليات، و8-12% في النجيليات كـ الذرة البيضاء (حتى في فترات الشح المائي. إن النبات الذي يفشل في إدارة النيتروجين داخلياً سيقوم بتفكيك بروتيناته الوظيفية (Rubisco)للبقاء، مما يؤدي إلى تدهور سريع في القيمة الغذائية للعلف قبل حصاده.

ثالثاً: الارتباط بين مضادات الأكسدة واستساغة العلف

تنتج عن الإجهادات البيئية جذور حرة (ROS) تهاجم خلايا النبات وتسبب تزنخاً في الدهون النباتية وتغيراً في الطعم (الاستساغة) الانتخاب الفسيولوجي الحديث يركز على الأصناف ذات المحتوى العالي من مضادات الأكسدة الإنزيمية)مثل Superoxide Dismutase)هذه المواد لا تحمي النبات فسيولوجياً فحسب، بل تحافظ على نكهة العلف وقيمته الكيميائية، مما ينعكس إيجاباً على إقبال الحيوان (Palatability) ومعدلات التحويل الغذائي.

رابعاً: استراتيجية المرونة الكيميائية في المنهج الحديث

إننا نخلص في هذا الفصل إلى أن الصنف المثالي للمناطق الجافة هو الذي يمتلك مرونة كيميائية، أي القدرة على تغيير تركيبه الكيميائي الداخلي لمواجهة الإجهاد دون المساس بالهيكل الأساسي للجودة. وهذا يتطلب من الباحثين عند تقييم السلالات في العراق والوطن العربي إجراء تحليلات كيميائية دورية (NDF, ADF, CP) بالتوازي مع القياسات الفسيولوجية(RWC, CMS) ، لضمان أننا لا ننتخب نباتات قوية ولكنها غير قابلة للأكل.

توصية (خاصة بطلبة الدراسات العليا) :

إن الهدف الأسمى من دراسة فسيولوجيا الإجهاد المائي والملحي ليس مجرد وصف الضرر، بل هو فهم لغة التواصل الكيميائي داخل النبات. فالباحث الناجح هو من يختار الأصناف التي توازن بين إشارات حمض الأبسيسيك (ABA)لتقليل الفقد المائي عبر غلق الثغور، ونشاط المنظومة الإنزيمية (SOD/Catalase)للحماية من الأكسدة، وعمليات التعديل الأسموزي لاستمرار النمو، محققاً بذلك أعلى إنتاجية علفية ممكنة في أراضي العراق القاسية.

وبناءً على التوجهات التقنية الحديثة في هندسة الرّي والأرصاد الجوية الزراعية المعتمدة في جامعة المثنى، وبالاستناد إلى رؤية الباحث)البديري، 2023 (حول رقمنة الزراعة في البيئات الصحراوية، فإن هذا الفهم الفسيولوجي يجب أن يخرج من حيز المختبر إلى حيز الإدارة الرقمية الذكية. إن التحدي المعاصر لطلبة الدراسات العليا يكمن في تحويل هذه البيانات الحيوية إلى قرارات ري دقيقة تعتمد على الربط بين مخرجات المحطات المناخية الآلية وحساسات الرطوبة الأرضية.

إن الرقمنة الزراعية تعني الانتقال من الري التقليدي المعتمد على الملاحظة البصرية إلى الري الفسيولوجي المبرمج .فالباحث المتمكن هو من يربط بين معدل النتح الكامن (ET_o)وبين حالة الجهد المائي في أوراق المحصول. فبدلاً من إعطاء كميات مياه ثابتة، يتم تصميم خوارزميات ري تعتمد على نقاط التفتيش الفسيولوجية، فعندما ترسل مجسات النبات إشارات بارتفاع تركيز (ABA) أو انخفاض الجهد الأوزموزي، يقوم

نظام الري الرقمي بتزويد النبات بـ ريات نبضية (Pulse Irrigation) تحافظ على حيوية الأنسجة دون إهدار للمخزون المائي الجوفي.

علاوة على ذلك، فإن توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد في مراقبة دليل الحالة الخضرية (NDVI) يتيح لطلبة الدراسات العليا التنبؤ بموعد الحش الأمثل قبل حدوث التخشب الفسيولوجي للأعلاف. إن رؤية (البديري، 2023) تؤكد أن مستقبل الزراعة في العراق والوطن العربي مرهون بمدى قدرتنا على دمج كيمياء النبات مع الذكاء الاصطناعي، لتحويل المحصول العلفي من متلقٍ سلبي للإجهاد إلى نظام حيوي يدار رقمياً بأقصى كفاءة استهلاكية.

ختاماً، إن دعوتنا للباحثين الشباب في هذا المنهج هي تبني مفهوم الفسلجة الرقمية، حيث لا يُقاس النجاح البحثي بكمية الماء المضافة، بل بمدى القدرة على إبقاء النبات في حالة الراحة الفسيولوجية التي تسمح بأقصى تمثيل كربوني بأقل كلفة بيئية، مما يضمن استدامة الموارد للأجيال القادمة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة.

الأرصاد الجوية الزراعية وجدولة الري

يعتمد المرجع الحديث على التحسس النائي وبيانات المحطات المناخية الآلية لجدولة الري. إن استخدام مجسات الرطوبة الأرضية (Tensiometers) وربطها بأنظمة التحكم الآلي يمثل مستقبل زراعة الأعلاف في العراق لتقليل الهدر المائي بنسبة تصل إلى 30% (البديري، 2023)

يمثل دمج علوم الأرصاد الجوية الزراعية مع تقنيات الاستشعار عن بعد حجر الزاوية في بناء منظومة ري ذكية تتجاوز الأساليب التقليدية المعتمدة على التخمين أو الجدولة الزمنية الثابتة. إن الرؤية التي يطرحها هذا المرجع تستند إلى حقيقة فسيولوجية مفادها أن احتياج النبات للماء ليس رقماً ثابتاً، بل هو متغير ديناميكي يتأثر بلحظة تقاطع البيانات المناخية مع الحالة الصحية للمحصول، وهو ما يجسده مفهوم التبخر والنتح المرجعي الذي تتم معالجته عبر المحطات المناخية الآلية المرتبطة بالأقمار الصناعية.

تعتمد هذه التقنية الحديثة على تحليل بيانات الإشعاع الشمسي، وسرعة الرياح، والرطوبة النسبية، ودرجات الحرارة الجافة والرطبة لتحديد العجز المائي في الغلاف الجوي بدقة متناهية، مما يتيح للمزارع والباحث فهم الطلب المناخي على المياه قبل حدوث الإجهاد. وفي هذا السياق، تبرز أهمية تقنيات التحسس النائي عبر استخدام صور الأقمار الصناعية التي توفر خرائط حرارية ومؤشرات خضرية لحظية، تسمح بمراقبة مساحات شاسعة من محاصيل الذرة البيضاء أو البرسيم، وتحديد المناطق التي

تعاني من إجهاد مائي غير مرئي (Incipient Wilting) قبل أن تظهر علامات الذبول الفيزيائي على الأوراق، مما يمنح نافذة زمنية للتدخل السريع والحفاظ على حيوية الأنسجة العلفية.

إن جوهر التطور الذي يشير إليه)البديري، 2023 (يكمن في سد الفجوة بين بيانات الجو وبيانات التربة، حيث يتم ربط المحطات المناخية بمجسات الرطوبة الأرضية المتقدمة مثل الـ (Tensiometers) ومجسات (TDR) التي تقيس المحتوى المائي الحجمي عند منطقة الجذور بدقة ميكرونية. هذا الربط السيبراني يتيح لأنظمة التحكم الآلي أن تعمل كمظومة تغذية راجعة، فبدلاً من ضخ كميات مياه قد تتجاوز السعة الحقلية وتؤدي إلى غسل العناصر الغذائية أو التسبب في اختناق الجذور، تقوم هذه الأنظمة بفتح وإغلاق صمامات الري بناءً على حاجة النبات الفعلية الموثقة رقمياً.

ويساهم هذا الأسلوب في تحقيق وفورات مائية هائلة في البيئات الصحراوية العراقية تصل إلى 30%، وهي نسبة كفيلة بتوسيع الرقعة الزراعية العلفية دون الحاجة إلى زيادة الحصص المائية المقررة. إن مستقبل زراعة الأعلاف في العراق، كما يتبناه هذا المنهج، يتجه نحو تحويل الحقل إلى منظومة رقمية متكاملة حيث تتحدث التربة عبر المجسات ويستجيب المناخ عبر المحطات، بينما يقوم الذكاء الاصطناعي بإدارة الموارد المائية بذكاء يضمن استمرار عملية التمثيل الضوئي في ذروتها بأقل استهلاك مائي ممكن، مما يعزز من مرونة القطاع الزراعي في مواجهة موجات الجفاف المتكررة وتغيرات المناخ الحادة التي تضرب المنطقة العربية.

يتمثل دور الأرصاد الجوية الزراعية وجدولة الري بالاتي :

أولاً: تكامل بيانات المناخ والتربة في جدولة الري

لا تعتمد الجدولة الحديثة على الحدس، بل على معادلة التوازن المائي التي تربط بين ما يفقده الجو وما تحتفظ به التربة:

1. المحطات المناخية الآلية (AWS) تقوم هذه المحطات بقياس (الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة، الرطوبة، وسرعة الرياح) لحظياً لحساب التبخر-نتح المرجعي (ET_o) في بادية المثنى، تساعد هذه البيانات في التنبؤ بموجات الجفاف الومضي قبل وقوعها، مما يسمح للمربي بزيادة نوبات الري وقائياً.

2. مجسات الرطوبة (Tensiometers & FDR Sensors) بينما تخبرنا الأرصاد عن الطلب المائي للجو، تخبرنا هذه المجسات عن المخزون المائي المتاح في منطقة الجذور.

التوضيح الفسيولوجي :تعمل هذه الأجهزة على قياس الجهد الماتريكي للتربة، فعندما يصل الشد الرطوبي إلى نقطة معينة (تُسمى العتبة الحرجة)، يرسل النظام إشارة لفتح صمامات الري آلياً، مما يضمن بقاء النبات دائماً في منطقة الماء الميسر بعيداً عن إجهاد نقطة الذبول.

يعد دمج تقنيات التحسس النائي (Remote Sensing) في إدارة مشاريع الأعلاف الكبرى ببادية العراق تحولاً جذرياً من الإدارة العينية المحدودة إلى الإدارة الشمولية فائقة الدقة. ففي مساحات شاسعة مزروعة بـ الذرة البيضاء أو الجت، تصبح مراقبة الحالة الفسيولوجية لكل هكتار يدوياً أمراً مستحيلاً وعالياً في تكاليفه، لذا تمثل الأقمار الصناعية والطائرات المسيرة (Drones) العين الرقمية التي لا تغفل عن أي تغير كيميائي أو فيزيائي يطرأ على المحصول.

ثانياً: دور التحسس النائي (Remote Sensing) في إدارة المساحات الشاسعة في مشاريع زراعة الذرة البيضاء والجت الكبيرة بالبادية، يصعب مراقبة كل متر مربع يدوياً، وهنا يأتي دور الأقمار الصناعية والطائرات المسيرة (Drones) التي تعمل كمنصات استشعار متقدمة قادرة على قراءة رسائل الاستغاثة التي يرسلها النبات عبر أطياف الضوء غير المرئية. إن توظيف هذه التقنيات في المنهج الحديث يرتكز على محورين أساسيين:

1. مؤشرات النمو ((NDVI



الكشف المبكر عن الإجهاد الفسيولوجي يستخدم الباحثون في جامعة المثنى مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI) كأداة تشخيصية استباقية. فسيولوجياً، يعتمد هذا المؤشر على قياس الفرق بين انعكاس الأشعة الحمراء (التي يمتصها الكلوروفيل

للتمثيل الضوئي) والأشعة تحت الحمراء القريبة (التي تعكسها البنية الداخلية السليمة للورقة)عند حدوث نقص في مياه الري أو مغذيات التربة، تتأثر الكفاءة الكيميائية الحيوية للنبات قبل ظهور أي أعراض بصرية (مثل الذبول أو الاصفرار) بمدة قد تصل إلى عدة أيام. وهنا تبرز عبقرية الرقمنة حيث تكتشف صور الأقمار الصناعية أو المسيرات انخفاض قيم (NDVI) في بقع معينة من الحقل، مما يشير إلى تراجع في النشاط الضوئي. هذا الإنذار المبكر يتيح لمدير المشروع التدخل الفوري وتعديل جدولة الري في تلك المناطق تحديداً، مما يمنع حدوث خسائر في الكتلة الحيوية ويحافظ على استقرار المحتوى البروتيني في المحصول العلفي

.2 - البصمة الحرارية: قراءة حرارة الكساء الخضري كدليل للعطش كما ناقشنا في فصول سابقة حول حرارة الكساء الخضري (Canopy \ Temperature)، تعمل النباتات على تبريد نفسها عبر عملية النتح. ولكن، بمجرد أن تعاني الذرة البيضاء من نقص المياه، فإنها تطلق إشارات هرمونية (مثل ABA) تؤدي لغلق الثغور فوراً للحفاظ على محتواها المائي، مما يوقف عملية التبريد ويؤدي لارتفاع درجة حرارة الأوراق عن حرارة الجو المحيط باستخدام الكاميرات الحرارية المحمولة على الطائرات المسيرة، يتم رصد هذه النقاط الساخنة في الحقل بدقة ميكرونية. هذه المناطق التي تظهر بلون مختلف في الخريطة الحرارية هي فعلياً نباتات دخلت في حالة عطش فسيولوجي وأغلقت ثغورها، مما يعني توقف بناء المادة الجافة. إن توجيه مياه الري فوراً لهذه النقاط يمنع وصول النبات إلى نقطة الذبول الدائم، ويحافظ على ليونة الأنسجة وهضميتها، وهو ما يعد جوهر الإدارة الذكية التي يتبناها الباحثين لتعظيم العائد الاقتصادي من كل قطرة ماء في صحاري وبوادي العراق والوطن العربي (يرد ذكر العراق والوطن العربي هنا بسبب ظروف البيئة والمناخ . اما ذكرهما في اغلب صفحات كتابنا فلأن الكتاب موجه لهذه الرقعة الجغرافية و يعتمد على مصادر وتجارب وبحوث تم اجرائها هنا) .

3 - التكامل الرقمي في اتخاذ القراران القوة الحقيقية للتحسس النائي تكمن في قدرته على رسم خارطة وصفية للحقل بالكامل، حيث يتم دمج بيانات (NDVI) مع البيانات الحرارية لتوليد تقارير دقيقة حول الحالة الصحية والاحتياج المائي. هذا التكامل يقلل من الحاجة للجولات الميدانية المجهدة، ويضمن توزيعاً عادلاً وفعالاً للأسمدة والمياه، مما يحول الزراعة العلفية من نشاط تقليدي إلى صناعة تكنولوجية متكاملة تضمن استدامة الموارد وحماية الخزين الجوفي للأجيال القادمة.

ثالثاً: الجدولة بناءً على مراحل النمو ودور المعامل K_c

يرتبط استهلاك الماء ارتباطاً وثيقاً بمرحلة التطور الفسيولوجي للمحصول العلفي، ولا يمكن تحقيق أقصى كفاءة لاستخدام المياه (WUE) دون فهم ديناميكية معامل المحصول(K_c) ، وهو الرقم الذي يعكس العلاقة بين حاجة النبات الفعلية والتبخر النتحي المرجعي (ET_o) في المنهج الحديث، لا تظل قيمة K_c ثابتة، بل تتغير بتغير المساحة الورقية والنشاط الأيضي للمحصول عبر المراحل التالية

1 - مرحلة ما بعد الحش مباشرة (تصفير المساحة الورقية)



بعد عملية الحش، تدخل محاصيل العلف (خاصة المتعددة الحشات مثل البرسيم والذرة البيضاء (في حالة صدمة فسيولوجية مؤقتة، حيث تفقد المصنع الضوئي (الأوراق) المسؤول عن عملية النتح. في هذه المرحلة، تكون الاحتياجات المائية في أدنى مستوياتها، وتقتصر على تعويض التبخر من سطح التربة فقط.

إن الأنظمة الآلية المرتبطة ببيانات البديري (2023 (تبرمج لتقليل ضخ المياه في هذه المرحلة لسببين جوهريين:

❖ توفير الطاقة :منع تشغيل المنظومات دون جدوى فسيولوجية.

❖ منع اختناق الجذور :الري المفرط في غياب النتح الورقي يؤدي إلى تراكم المياه حول الجذور ونقص الأكسجين، مما يعيق سرعة خروج الخلفات أو النموات الجديدة. وبدلاً من ذلك، يتم برمجة ريات خفيفة للحفاظ على حيوية التيجان والبراعم القاعدية فقط.

2 - مرحلة الاستطالة السريعة وبناء الكتلة الحيوية:

مع بداية ظهور الأوراق الجديدة وزيادة المساحة الورقية، يرتفع معامل K_c تدريجياً ليصل إلى ذروته. في هذه المرحلة، يتم برمجة النظام لزيادة التواتر المائي لدعم ضغط الانتفاخ (Turgor Pressure) اللازم ميكانيكياً لتوسع الخلايا واستطالتها.

إن توفير المياه بانتظام في هذه المرحلة يحقق فوائد نوعية للنبات:

- ❖ **ليونة الأنسجة :يضمن الحصول على سيقان غضة وأنسجة غير متخشبة، مما يرفع من القيمة الغذائية للعلف.**
- ❖ **كفاءة استخدام الضوء (LUE) توفر المياه يسمح للثغور بالبقاء مفتوحة، مما يحافظ على معدلات تمثيل ضوئي عالية وتبريد فعال للأوراق، وهذا يؤدي إلى زيادة مساحة المصنع الضوئي التي ترفع من كفاءة استغلال الإشعاع الشمسي في بناء المادة الجافة.**

3 - الربط البرمجي بين K_c والتحكم الآلي:

في المناهج الحديثة المعتمدة يتم إدخال منحنى K_c الخاص بكل محصول (مثل منحنى الذرة البيضاء أو الجت) ضمن خوارزمية التحكم وهو معامل عددي يعبر عن العلاقة بين التبخر نتح الحقيقي للمحصول (ET_c) والتبخر نتح المرجعي .(ET_o) يستخدم هذا المعامل لتقدير الاحتياجات المائية الدقيقة للمحصول في مراحل نموه المختلفة.

. يقوم النظام بقراءة البيانات المناخية (ET_o) ثم يضربها في قيمة K_c المناسبة لعمر المحصول الحالي، ليعطي في النهاية الاحتياج المائي الصافي.

هذا الربط يمنع حدوث الإجهاد المائي المستتر الذي قد يقلل من طول النبات أو عرض الأوراق دون أن يلاحظه المزارع بالعين المجردة. كما أنه يحمي المحصول من الإفراط المائي الذي قد يسبب غسل العناصر الغذائية (خاصة النيتروجين) بعيداً عن منطقة الجذور، مما يحافظ على استقرار المحتوى البروتيني في العلف. وبذلك، تتحول الجدولة المبنية على مراحل النمو إلى أداة لضمان جودة العلف الكيميائية بالتوازي مع غزارة الإنتاج الكمي، محققة التكامل المطلوب في المنهج الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية.

رابعاً: الأرصاد الجوية وإدارة ملوحة التربة

تُشكل إدارة الملوحة في منطقة السهل الرسوبي العراقي التحدي الأكبر لدمج علوم الأرصاد الجوية بالهندسة الزراعية، حيث يتحول الري من مجرد عملية إمداد مائي إلى

أداة كيميائية لضبط التوازن الملحي في منطقة الجذور. إن الرؤية التقنية التي يطرحها المرجع الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية تتجاوز المفهوم التقليدي للري، لتجعل من البيانات المناخية المختبر الحقيقي لتحديد كمية وموعد ري الغسل اللازم لاستدامة الإنتاجية.

التنبؤ الرقمي بتراكم الأملاح(Salinity Modeling)

في بيئة تمتاز بمعدلات تبخر عالية جداً، تقوم المحطات المناخية الآلية بدور الرقيب الكيميائي، فهي لا تكتفي بحساب المياه المفقودة من النبات، بل تقوم بحساب تراكم الأملاح المتوقع عبر معادلات توازن الكتلة الملحية. تعتمد هذه التقنية على دمج بيانات التبخر والنتح (ET_o) مع درجة ملوحة مياه الري المستخدمة (المقاسة بجهاز الـ EC)فعندما يتبخر الماء، تتركز الأملاح في القشرة السطحية للتربة، وهنا تأتي البرمجيات المرتبطة بالأرصاد الجوية لتقدر الحمل الملحي (Salt Loading) الذي تراكم خلال دورة الري الواحدة، مما يعطي إنذاراً مبكراً قبل وصول ملوحة التربة إلى مستويات تعيق العمليات الأيضية للمحاصيل الحساسة مثل البرسيم أو بدايات نمو الذرة البيضاء.

جدولة نصاب الغسل (Leaching Fraction) كقرار فسيولوجي

بناءً على المعطيات المناخية، يتم التحول من الري العادي إلى ري يتضمن ما يسمى بـ نصاب الغسل (Leaching Fraction) وهو عبارة عن كمية إضافية من المياه تزيد عن احتياج النبات الفعلي، يتم حسابها بدقة لضمان إزاحة الأملاح بعيداً عن منطقة التيجان (Crowns) والجذور النشطة إلى الأعماق أو نحو منظومات المبازل. إن هذه الرية الإضافية لا تضاف بشكل عشوائي، بل يتم توقيتها بناءً على نافذة الأمان المناخي التي تحددها المحطات الآلية، حيث يُفضل إجراؤها في الساعات التي يكون فيها النتح في أدنى مستوياته لضمان تغلغل المياه عمودياً وغسل الأملاح بكفاءة عالية دون تبخرها السريع.

حماية منطقة التيجان واستدامة البادرات

تعتبر مرحلة البادرة هي الحلقة الأضعف في حياة محاصيل العلف، فمنطقة التيجان تكون قريبة جداً من سطح التربة، وهي المنطقة الأكثر عرضة للتملح السطحي نتيجة الخاصية الشعرية. وهنا يبرز دور الجدولة الرقمية في حماية هذه المحاصيل الحساسة، حيث تضمن المحافظة على رطوبة التربة قريبة من السعة الحقلية باستمرار، مما يبقي تركيز الأملاح في المحلول الأرضي مخففاً وبعيداً عن المستويات السمية. إن هذا

التدقيق المائي يحمي القمم النامية والجذور الأولية، مما يضمن نسبة إنبات عالية واستقراراً في الكثافة النباتية للحقل، وهو أمر حيوي لتعظيم الحاصل العلفي في الترب الملحية للسهل الرسوبي.

التكامل بين الأرصاد والتحكم في الملوحة

إن الإدارة الرقمية لملوحة التربة في العراق تحول الزراعة من رد فعل على ظهور الأملاح إلى استباق علمي يمنع تراكمها من الأساس. إن استخدام أنظمة التحكم المرتبطة بمجسات الملوحة الأرضية (Salinity Sensors) والمحطات المناخية يمثل القفزة النوعية التي يحتاجها الباحث والمزارع في السهل الرسوبي، لضمان عدم تحول التربة إلى سبخات ملحية ميتة، ولتأمين بيئة نمو مثالية لمحاصيل العلف التي تشكل عصب الثروة الحيوانية في العراق والمنطقة العربية.

الفوائد الاقتصادية والبيئية للجدولة الرقمية

يمثل التحول نحو الجدولة الرقمية للري في العراق ضرورة اقتصادية وبيئية ملحة، تتجاوز كونها مجرد رفاهية تقنية لتصبح العمود الفقري لاستدامة الإنتاج الزراعي في المناطق الهامشية والصحراوية. إن تحقيق وفر مائي بنسبة 30% من خلال تقنيات الجدولة الذكية لا يعني فقط توفير المياه، بل هو إعادة هيكلة كاملة لمنظومة التكاليف والمدخلات في المزارع العلفية، وهو ما ينعكس مباشرة على استقرار الأمن الغذائي الوطني.

أولاً: خفض تكاليف الطاقة وتعظيم الكفاءة التشغيلية

تعد الطاقة المحرك المالي الأول للزراعة في العراق، سواء كانت معتمدة على وقود الديزل أو منظومات الطاقة الشمسية الحديثة. إن الجدولة الرقمية تعمل كمنظم ذكي يمنع تشغيل المضخات في أوقات غير ضرورية، مما يطيل العمر الافتراضي للمعدات ويقلل من استهلاك الوقود والانبعاثات الكربونية المرتبطة به. وفي حالة الاعتماد على الطاقة الشمسية، فإن الجدولة الذكية تضمن توزيع مياه الري في ساعات ذروة السطوع الشمسي وبكميات تتوافق مع السعة الحقلية للتربة، مما يمنع الهدر الناتج عن الجريان السطحي أو الغسل العميق الذي لا يستفيد منه النبات، وبالتالي تتحول الأموال الموفرة من كلف الطاقة إلى استثمارات في تحسين جودة البذور أو الميكنة الزراعية.

ثانياً: الحفاظ على الخزين الجوفي واستدامة الواحات الصحراوية

في محافظة المثنى وباديتها، تمثل المياه الجوفية إرثاً استراتيجياً غير متجدد بالسرعة الكافية. إن تقليل السحب من الآبار الارتوازية بنسبة الثلث من خلال الرقمنة يعني حماية هذه المكامن من التملح السريع الناجم عن انخفاض مناسيب المياه (Saltwater Intrusion)أو النضوب الكلي. الجدولة الرقمية تتيح للمزارع اتباع سياسة الري الاستراتيجي الذي يحافظ على رطوبة التربة ضمن حدود الأمان، مما يضمن بقاء هذه الأراضي منتجة للأجيال القادمة، ويحول دون تحول المزارع العلفية إلى بؤر للتصحر بعد نضاد آبارها، وبذلك تصبح الرقمنة أداة وطنية لحماية التوازن البيئي في العراق.

ثالثاً: تحسين الجودة الكيميائية والسلامة العلفية

من منظور كيمياء النبات التي يتبناها هذا المرجع، فإن الري غير المنظم (تذبذب الرطوبة بين الغمر والجفاف) يعد المحفز الأول للاضطرابات الأيضية. عندما يعاني النبات من صدمات الجفاف المتكررة نتيجة الري العشوائي، فإنه يلجأ لتراكم مركبات دفاعية قد تكون سامة، وأهمها النترات .إن الجدولة الرقمية تضمن استقرار الجهد المائي داخل أنسجة النبات، مما يسمح بعملية تمثيل نيتروجيني هادئة ومستمرة تحول النترات إلى بروتينات حقيقية وأحماض أمينية دون تراكمات ضارة. كما أن الري المتوازن يمنع التخشب المفاجئ للألياف(Lignin) ، مما يحافظ على ليونة الأنسجة وارتفاع معامل هضمها، وبذلك نحصل على علف ليس فقط غزيراً في إنتاجه، بل وآمناً كيميائياً ومستساغاً للحيوان، مما يرفع من كفاءة إنتاج اللحوم والألبان بشكل طردي.

رابعاً: الأثر البيئي ومكافحة التملح في ضوء الإدارة المائية الحديثة

يرتبط تدهور التربة في وسط وجنوب العراق ارتباطاً وثيقاً بظاهرة التملح الثانوي الناتجة عن ممارسات الري التقليدية (الري السيحي المفرط)، حيث يؤدي الهدر المائي إلى ارتفاع منسوب الماء الأرضي (Water Table) لدرجة حرجة تلامس منطقة الجذور. فسيولوجياً، تعمل الخاصة الشعرية (Capillary Action) في ظل درجات الحرارة المرتفعة وزيادة معدلات التبخر على سحب المحاليل الملحية من أعماق التربة نحو السطح، مما يؤدي إلى تراكم أيونات الصوديوم والكلوريد السامة في الطبقة العليا (الخفاجي، 2018)

إن تبني الجدولة الرقمية للري (Digital Irrigation Scheduling) يمثل ثورة في مفهوم الزراعة الذكية مناخياً، فهي تضمن إضافة الاحتياج المائي الفعلي للنبات

(Crop Water Requirement)فقط، مما يمنع نفاذ المياه الفائضة إلى أعماق بعيدة تساهم في رفع مستوى الماء الأرضي المالح. هذا الضبط التقني يحافظ على التركيب البنائي للتربة (Soil Structure) ويحمي المسامات من الانغلاق الملحي، مما يقلل بشكل جذري من الحاجة إلى عمليات غسل التربة (Leaching) المكلفة والمجهدة للموارد المائية المحدودة (يونس وآخرون، 2014(

وبذلك، فإن التحول نحو التكنولوجيا الرقمية في زراعة الأعلاف لا يقتصر على زيادة الإنتاجية فحسب، بل يكسر الدورة التدميرية للتربة الملحية، محولاً النشاط الزراعي في العراق إلى نظام مستدام بيئياً يتوافق مع المعايير العالمية التي تهدف إلى الحد من التصحر وحماية التنوع الأحيائي في النظم البيئية الجافة

إدارة التربة والتسميد الحيوي والكيميائي في محاصيل العلف

طبيعة الترب العراقية وملاءمتها لمحاصيل العلف:

تتميز معظم ترب وسط وجنوب العراق، ومنها منطقة المثنى والسهل الرسوبي، بكونها ترباً كلسية (Calcareous Soils) ذات محتوى مرتفع من كربونات الكالسيوم , (CaCO_3)تؤدي هذه الطبيعة الكيميائية إلى رفع درجة تفاعل التربة (pH) لتتراوح بين 7- 5 و 8- 5، مما يفرض تحديات فسيولوجية كبيرة على محاصيل العلف، حيث تسبب هذه القاعدية تثبيتاً كيميائياً لعنصر الفسفور وتحوله إلى صور غير ذائبة، فضلاً عن خفض جاهزية العناصر الصغرى مثل الحديد والزنك والمنغنيز، وهي عناصر حيوية لبناء اليخضور وإتمام العمليات الإنزيمية (المنصوري، 2023) ،

التغذية المعدنية في نباتات العلف

تتطلب محاصيل العلف توازناً غذائياً دقيقاً لضمان الحصول على حاصل خضري كثيف ذي قيمة بروتينية عالية. ويتم التركيز في هذا المرجع على ثلاثة عناصر أساسية:

أ- النيتروجين (N) محرك النمو الخضري

يعد النيتروجين المكون الأساسي للأحماض الأمينية والبروتينات وجزيئة اليخضور. في المحاصيل النجيلية (كالذرة العلفية والدخن)، يعد النيتروجين العامل المحدد للإنتاجية.

أما في البقوليات، فإن الإدارة الحديثة تركز على تعظيم قدرة النبات على تثبيت النيتروجين الجوي حيوياً لتقليل الاعتماد على الأسمدة المعدنية (البديري، 2023) ،

ب- الفسفور (P) عنصر الطاقة والتأسيس

يلعب الفسفور دوراً جوهرياً في نقل الطاقة عبر جزيئاتATP ، ويعد ضرورياً جداً في مراحل نمو البادرات وتطور المجموع الجذري. ونظراً لظروف الترب الكلسية، يوصى بإضافة الفسفور قريباً من منطقة الجذور أو استخدام مخصبات حيوية تزيد من ذوبانه.

ج- البوتاسيوم (K) عنصر الجودة والتحمل

لا يدخل البوتاسيوم في بناء مركبات عضوية ولكنه يعمل كمنظم أسموزي. في بيئة العراق، يساعد البوتاسيوم محاصيل العلف على تحمل الجفاف والملوحة عبر تنظيم حركة الثغور والحفاظ على ضغط الانتفاخ داخل الخلايا (حمزة، 2021) ،

4- 3التسميد الحيوي وآفاق الاستدامة (للدراسات العليا(

في ظل التوجه نحو الزراعة العضوية والمستدامة، تبرز أهمية المخصبات الحيوية (Bio-fertilizers)كحلول ذكية للمشاكل الكيميائية في التربة:

- **بكتيريا الرايزوبيا (Rhizobium) تعد العمود الفقري لإنتاج البقوليات العلفية كالجت. تشير الدراسات في جامعة المثنى إلى أن تلقيح البذور بسلالات محلية متأقلمة مع الظروف الملحية يزيد من عدد العقد الجذرية وكفاءة تثبيت النيتروجين بنسبة 25% مقارنة بالحقول غير الملقحة (عبيس وآخرون، 2022) ،**
- **الفطريات الجزرية (Mycorrhiza) تعمل هذه الفطريات على تكوين شبكة ممتدة من الخيوط الفطرية (Hyphae) التي تزيد من مساحة امتصاص الجذور للماء والفسفور، مما يعزز قدرة النبات على البقاء في الترب الفقيرة والكلسية (الركابي، 2024) ،**

إدارة الترب الملحية والتسميد المتوازن

في المناطق التي تعاني من التملح، يواجه النبات تنافساً أيونياً، حيث يزاحم الصوديوم (Na^+)عنصر البوتاسيوم، مما يسبب خللاً فسيولوجياً.

- **الإدارة الكيميائية :استخدام الجبس الزراعي أو الكبريت المعدني يساهم في خفض الـ pH وتحسين نفاذية التربة، مما يسهل غسل الأملاح.**
- **التسميد الورقي (Foliar Nutrition) يعد تقنية فسيولوجية لتجاوز عوائق التربة، حيث يتم رش العناصر الصغرى (Fe, Zn, Cu) مباشرة على المجموع الخضري، مما يضمن سرعة الامتصاص والتمثيل خاصة في الترب القاعدية (الخفاجي، 2021) ،**

التكامل بين التسميد العضوي والمعدني

تفتقر أغلب ترب جنوب العراق للمادة العضوية (أقل من 1%) ، إن إضافة الأسمدة العضوية المتخمرة لا يحسن الخصائص الفيزيائية للتربة فحسب، بل يعمل كـ Buffer يقلل من حِدّة التغيرات المفاجئة في ملوحة وحموضة محلول التربة، مما يوفر بيئة مستقرة لنمو جذور المحاصيل المعمرة (المنصوري، 2023) ،

الإدارة المتكاملة للمغذيات(INM)

تشيرالدراسات المختصة إلى أن أعلى كفاءة لاستخدام العناصر تتحقق عند دمج السماد الكيميائي بنسب محددة مع السماد الحيوي والعضوي. هذا النظام لا يرفع الحاصل فحسب، بل يحسن من القيمة الغذائية للعلف عبر زيادة نسبة النيتروجين الحقيقي وخفض نترات الأنسجة الضارة (جبر، 2021) ،

الصناعات العلفية (تقنيات الحفظ والتحويل)

تعد صناعة حفظ الأعلاف الركيزة الأساسية لمواجهة التذبذب الموسمي في إنتاج العلف الأخضر في العراق، حيث يهدف هذا الفصل إلى تفصيل الطرق العلمية لتحويل الفائض من المحاصيل العلفية الصيفية والشتوية إلى منتجات مخزونة (سايلج ودريس) مع الحفاظ على قيمتها الغذائية وخصائصها الكيميائية.

الأسس الفسيولوجية والكيميائية الحيوية لصناعة السايلج

1 - التوصيف الفسيولوجي والكيميائي الحيوي

تعد عملية التسيلج (Ensiling) تقنية حفظ حيوية تعتمد على تحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الكربوهيدرات الذائبة (WSC) إلى طاقة كيميائية مستقرة في صورة أحماض عضوية. يشير)الصحاف وخلف، 2015 (في كتاب *كيمياء النبات* إلى أن هذه العملية تمر بأربعة أطوار فسيولوجية رئيسة تحدد جودة المنتج النهائي:

- **الطور التنفسي (Aerobic Phase) يبدأ فور حصاد المحصول وتقطيعه، حيث تستمر الخلايا النباتية في التنفس واستهلاك الأكسجين المحصور بين الطيات، مما يؤدي إلى انطلاق ثاني أكسيد الكربون وحرارة. فسيولوجياً، يجب تقصير هذا الطور من خلال الكبس السريع لمنع فقدان السكريات وتجنب الارتفاع المفرط في الحرارة الذي يؤدي إلى تفاعل ميلارد (Maillard reaction) الذي يجعل البروتين غير قابل للهضم.**
- **طور التخمير النشط (Fermentation Phase) عند نفاذ الأكسجين، تبدأ بكتيريا حامض اللاكتيك (LAB) بالنشاط. كيميائياً، تقوم هذه البكتيريا بتحليل السكريات الأحادية والثنائية لإنتاج حامض اللاكتيك. الهدف الجوهري هنا هو الوصول بسرعة إلى رقم هيدروجيني(2 -4 - 8 - 3 pH) ، حيث تضمن هذه الحموضة تثبيط الإنزيمات النباتية المحللة للبروتين ومنع نشاط بكتيريا *Clostridia* التي تسبب تعفن العلف وتحويل البروتين إلى أمونيا ومركبات سامة (جامعة المثنى، 2021)**

• طور الاستقرار (Stable Phase) بمجرد وصول الـ pH إلى القيمة المطلوبة، تدخل الكتلة العلفية في حالة سكون كيميائي حيوي، حيث يتوقف نشاط معظم الميكروبات، ويمكن حفظ السايلج في هذه الحالة لسنوات بشرط منع دخول الأكسجين.
• طور التغذية (Feed-out Phase) وهو الطور الذي يبدأ عند فتح الصومعة، ويتطلب إدارة حذرة لمنع النشاط الثانوي للخمائر والأعفان عند تعرض السطح للهواء.

2 - الأهمية الاستراتيجية والفوائد التقنية

تتجلى أهمية السايلج في العراق، لاسيما في المناطق التي تعاني من فجوة علفية صيفية أو شتوية، من خلال ما يلي:

1. تقليل الهدر الميكانيكي :على عكس الدريس (Hay) الذي قد يفقد 20-30% من أوراقه أثناء التجفيف، فإن السايلج يحفظ النبات كاملاً بسيقانه وأوراقه وعرانيسه.
2. تحسين الاستساغة :تؤدي الأحماض العضوية المتكونة والروائح العطرية الناتجة عن التخمير إلى زيادة إقبال الحيوانات على العلف، مما يرفع من معدلات التحويل الغذائي (الموسوي، 2020)
3. القضاء على السموم والمسببات المرضية :تساهم الحموضة العالية في تحلل بعض الكلوكوزيدات السامة (مثل الدرين في الذرة البيضاء) وقتل يرقات الحشرات وبذور الأدغال الموجودة مع المحصول (خلف، 2017)

3 - المواصفات الكيميائية للسايلج الجيد (المعايير المخبرية(

وفقاً لمختبرات التغذية في كليات الزراعة العراقية، يتم تقييم جودة السايلج كيميائياً بناءً على:

• حامض اللاكتيك :يجب أن يشكل 60-70% من مجموع الأحماض العضوية.
• حامض البيوتريك :يجب أن يكون قريباً من الصفر، لأن وجوده يشير إلى فشل عملية التخمير ونشاط بكتيريا التحلل.
• النيتروجين الأموني :يجب ألا يتجاوز 10% من النيتروجين الكلي، والزيادة تعني تكسر البروتين وتحلله (الساعدي، 2021)

4 -العوامل المؤثرة على نجاح التحويل الكيميائي

1. محتوى المادة الجافة (Dry Matter) المدى المثالي هو .%30-35الرطوبة العالية (أكثر من 75%) تؤدي إلى إنتاج سايلج حامضي جداً وفقدان المغذيات مع الراشح، بينما الرطوبة المنخفضة تصعب عملية الكبس وتترك جيوباً هوائية تشجع نمو الأعفان.

2. سعة التنظيم التوقي (Buffering Capacity) يذكر (الصحاف، 2015) أن البقوليات (مثل الجت والبرسيم) أصعب في التسيلج من النجيليات لأنها تمتلك سعة تنظيمية عالية تقاوم انخفاض الـpH ، مما يتطلب إضافة مصادر كربوهيدراتية مثل المولاس.

3. درجة حرارة الكبس :يجب ألا تتجاوز 30°م، لأن الحرارة العالية تسبب استهلاك الكربوهيدرات وتفحم البروتين.

المحاصيل الاستراتيجية لصناعة السايلج في البيئة العراقية

لا تقتصر كفاءة عملية التسيلج على التقنية المتبعة فحسب، بل تبدأ من اختيار المحصول الذي يمتلك الخصائص الفسيولوجية والكيميائية الكفيلة بإنجاح التخمير اللاهوائي. وتصنف المحاصيل في العراق حسب صلاحيتها للتسيلج إلى ثلاث مجموعات رئيسة:

1 - المحاصيل النجيلية السكرية (الخيار الأول)

تتصدر الذرة الصفراء العلفية (Zea mays) والذرة البيضاء (Sorghum bicolor) قائمة المحاصيل المناسبة في العراق.

❖ القيمة الكيميائية :يذكر)الصحاف، 2015 (أن تفوق هذه المحاصيل يعود لامتلاكها محتوىً عالياً من الكربوهيدرات الذائبة (WSC) يتجاوز الـ %15- 12من المادة الجافة، مما يوفر الوقود اللازم لبكتيريا حامض اللاكتيك للعمل بسرعة وكفاءة.

❖ الأهمية التاريخية والإنتاجية :ارتبطت زراعة الذرة الصفراء في العراق (خاصة الأصناف والعرانيس) بتطوير مشاريع تسمين العجول الكبرى في الثمانينيات، وتطورت في العقد الأخير لتشمل أصنافاً علفية متخصصة تمتاز بارتفاع نسبة الحبوب إلى المجموع الخضري، وهو عامل حاسم في رفع الطاقة الكلية للسايلج (يونس وآخرون، (2014

❖ مواعيد الزراعة :يُنصح بالزراعة في العروة الخريفية (من منتصف تموز إلى بداية آب) لضمان تزامن مرحلة النضج العجيني مع اعتدال درجات الحرارة، مما يقلل من فقد المادة الجافة بالتنفس قبل الحصاد.

2 - حشيشة السودان والهجن النجيلية

تعد حشيشة السودان وهجن (الذرة البيضاء × حشيشة السودان) من المحاصيل الواعدة جداً في المزارع الحديثة في البوادي العراقية والبوادي العربية المشابهة.

الميزة الفنية :تمتاز هذه المحاصيل بقدرتها على إعطاء عدة حشات، مما يسمح بعمل السايلج على دفعات طوال الموسم الصيفي.

3 - التوجه الحديث: السايلج المختلط (تحميل البقوليات مع النجيليات)

يمثل السايلج المختلط قمة التطور في الصناعات العلفية بالعراق، حيث يتم خلط المحاصيل النجيلية (الفقيرة بالبروتين والعالية بالسكر) مع المحاصيل البقولية (العالية بالبروتين والفقيرة بالسكر مثل لوبيا العلف أو الجت)

- توازن الأحماض الأمينية :تؤكد الدراسات في جامعة المثنى (2023 (أن خلط الذرة الصفراء مع لوبيا العلف بنسبة (3:1) يؤدي إلى إنتاج سايلج متوازن يرفع كفاءة إنتاج الحليب في الأبقار بنسبة تصل إلى 15% مقارنة بسايلج الذرة المنفرد، نظراً لتحسين ميزان الأحماض الأمينية الضرورية كالليسين والميثيونين.
- تجاوز السعة التنظيمية :البقوليات منفردة يصعب تسيلجها بسبب سعتها التنظيمية (Buffering Capacity) العالية التي تقاوم انخفاض الـpH ، ولكن خلطها مع الذرة يوفر الوسط الحامضي اللازم لحفظ البروتين البقولي من التحلل الأموني (خلف، 2017)

هذه بعض المعايير للمحاصيل المرشحة للتسيلج في العراق:

المحصول	مرحلة الحصاد المثالية	نسبة المادة الجافة(%)	الميزة الكيميائية الكبرى
الذرة الصفراء	الطور العجيني (Dough stage)	30 - 35%	طاقة نشوية عالية (الحبوب)
الذرة البيضاء	مرحلة الحليب المتقدمة	28 - 32%	تحمل عالي للملوحة والجفاف
حشيشة السودان	بداية طرد السنابل	25 - 30%	سكر ذائب مرتفع وسيقان ناعمة
لوبيا العلف	تكوين القرنات الأولى	20 - 25%	محتوى بروتيني مرتفع جداً

توصيات الإدارة الميدانية (مواعيد الزراعة والحصاد)

1. **المحاصيل الشتوية (الشعير والشوفان وحشيشة الرأي) يمكن تسيلجها في شهر آذار ونيسان عند وصولها لمرحلة النضج اللبني، وهي وسيلة ممتازة لحفظ فائض الربيع لاستخدامه في الصيف.**
2. **كفاءة الكبس :المحاصيل ذات السيقان المجوفة (مثل الشوفان) تتطلب فرماً أدق (أقل من 1 سم) لضمان طرد الهواء من داخل تجاويف السيقان ومنع نمو الفطريات (الدوري، 2016)**

الشروط الفنية والمراحل الإجرائية الدقيقة لصناعة السايلج

إن نجاح تحويل الكتلة الخضراء إلى سايلج عالي الجودة يعتمد على سلسلة من الإجراءات الميكانيكية والفيزيائية التي تهدف إلى السيطرة على النشاط الميكروبي. وتتلخص هذه المراحل وفقاً للمعايير المعتمدة في جامعة المثنى ودوائر البحوث الزراعية العراقية بما يلي:

1 - مرحلة التحضير الميكانيكي (الفرم والتقطيع(

تعد عملية التقطيع (Chopping) حجر الزاوية في تأمين البيئة اللاهوائية.

- **الأبعاد الفنية :يشير)يونس وآخرون، 2014 (إلى ضرورة تقطيع المحاصيل النجيلية (كالذرة) إلى أطوال تتراوح بين 2 - 1سم.**
- **التبرير الفسيولوجي :التقطيع الدقيق يزيد من مساحة السطح المعرضة لبكتيريا حامض اللاكتيك، مما يسهل خروج العصارة الخلوية الغنية بالسكريات. كما يساعد في زيادة كثافة الكبس، حيث أن الأطوال الكبيرة تترك جيوباً هوائية تسمح بنمو الأعفان الهوائية وفقدان المادة الجافة (خلف، 2017)**
- **حالة المحاصيل المجوفة :في محاصيل مثل الشوفان وحشيشة الرأي، يوصى بأن يكون التقطيع أقل من 1سم لطرد الهواء المحصور داخل تجاويف السيقان.**

2 - إدارة المحتوى الرطوبي(Moisture Management)

تعد الرطوبة العامل المحدد لنجاح التخمير واستقرار السايلج كيميائياً.

- **المدى المثالي :تؤكد البحوث في جامعة المثنى (2023 (أن المدى المثالي للمادة الجافة (DM) يجب أن يكون بين .%30-35**
- **الرطوبة العالية (%75<) تؤدي إلى نشاط بكتيريا *Clostridia*المنتجة لحامض البيوتريك الكريه، وفقدان العناصر الغذائية الذائبة عبر الراشحEffluent))**
- **الرطوبة المنخفضة (%60>) تؤدي إلى صعوبة الكبس وبقاء الأكسجين، مما يسبب ارتفاع درجة الحرارة وتفحم البروتين (الصحاف، 2015)**

3 - هندسة الكبس والترصيص(Packing and Compaction)

الهدف هو الوصول إلى كثافة كبس لا تقل عن 250 - 225كغم مادة جافة/م^3.

- **الآلية :يتم توزيع العلف المفروم في الصومعة (Silo) على شكل طبقات رقيقة لا يتجاوز سمكها 15-20سم، ثم تضغط باستخدام آليات ثقيلة (تراكتورات) ذهاباً وإياباً.**
- **الأثر الكيميائي :الضغط القوي يطرد الأكسجين بسرعة، مما ينهي الطور التنفسي فوراً ويمنع استهلاك الكربوهيدرات الذائبة، وبالتالي تتوفر طاقة كافية للبكتيريا المنتجة للحموضة (الساعدي، 2021)**

4 -الإغلاق والعزل اللاهوائي(Sealing)

بمجرد الانتهاء من الكبس، يجب عزل الكتلة تماماً عن المحيط الخارجي.

- **المواد :يُستخدم البلاستيك عالي الكثافة (Polyethylene) بسمك لا يقل عن 150-200ميكرون .يفضل استخدام طبقتين، الأولى رقيقة (تلتصق بالسايلج لمنع جيوب الهواء) والثانية متينة للحماية من العوامل الجوية.**
- **التغطية :تُثبت الأغطية باستخدام إطارات مستعملة أو أكياس رمل لضمان ضغط مستمر يمنع انتفاخ الغطاء بفعل الغازات المتولدة في البداية (جامعة المثنى، 2023)**

المضافات العلفية وتحسين جودة السايلج(Silage Additives)

في المنهج الحديث، لا يتم الاعتماد فقط على التخمير الطبيعي، بل تُستخدم مضافات كيميائية وحيوية لضمان جودة المنتج، خاصة في الظروف المناخية الحارة للعراق:

1. المضافات المحفزة(Stimulants)

- ❖ **المولاس :يُضاف بنسبة 2 - 4%لتوفير السكريات السريعة لبكتيريا اللاكتيك، وهو ضروري جداً عند تسيلج البقوليات (مثل الجت والبرسيم)**
- ❖ **البادئات البكتيرية (Inoculants) سلالات من بكتيريا Lactobacillus plantarumتسرع من خفض الـ pH وتمنع نشاط الفطريات (حسن، 2015)**

2. المضافات المغذيةNutritive Additives))

- ❖ **اليوريا :تُضاف بنسبة 0.5%من الوزن الكلي لرفع المحتوى النتروجيني في سايلج النجيليات، مما يحسن من قيمة البروتين الخامCP))**

❖ **الحبوب المجروشة :يمكن إضافة جرش الذرة أو الشعير بنسبة 5-10% لرفع نسبة المادة الجافة وتحسين محتوى الطاقة (الموسوي، 2020)**

3. المضافات المثبطة (Inhibitors)

❖ **الأحماض العضوية :مثل حامض الفورميك أو البروبيونيك، وتستخدم في الحالات التي تكون فيها الرطوبة عالية جداً لمنع التخمرات غير المرغوبة.**

البروتوكول التنفيذي والشروط الفنية لصناعة السايلج عالي الجودة

تعد عملية تحويل المحصول الأخضر إلى سايلج هندسة بيوكيميائية متكاملة، حيث إن أي خلل في المراحل الإجرائية يؤدي إلى ضياع القيمة الغذائية للمحصول. وتتلخص المراحل الدقيقة وفق المعايير المعتمدة في كليات الزراعة العراقية (جامعة المثنى، بغداد، البصرة) بما يلي:

أولاً: مرحلة الحصاد الاستراتيجي(Strategic Harvesting Stage)

تعتبر هذه المرحلة المحدد الأول لجودة التخمر اللاكتيكي. ويؤكد)يونس وآخرون، 2014 (في كتاب *المحاصيل الحقلية* أن التوقيت الفسيولوجي للحصاد يجب أن يضبط بدقة متناهية:

1. **الطور المثالي :بالنسبة لمحاصيل الذرة (الصفراء والبيضاء)، يجب الحصاد عند الطور العجيني (Dough Stage) فسيولوجياً، يكون النبات في هذه المرحلة قد اختزن الحد الأقصى من الكربوهيدرات والنشويات في الحبوب، مع بقاء السيقان والأوراق محتفظة برطوبتها الحيوية.**
2. **المحتوى الرطوبي والمادة الجافة :يجب أن تتراوح نسبة المادة الجافة (DM) بين 30-35%.**

❖ **مخاطر الحصاد المبكر :إذا زادت الرطوبة عن 75%، يزداد فقد العناصر الغذائية الذائبة عبر الراشح(Effluent) ، كما يشجع ذلك نشاط بكتيريا *Clostridia* التي تنتج حامض البيوتريك الكريه الذي يقلل من استساغة العلف.**

❖ **مخاطر الحصاد المتأخر :إذا انخفضت الرطوبة عن 60%، تتخشب الأنسجة النباتية وتزداد نسبة اللكنين، مما يجعل عملية الكبس وطرد الهواء مستحيلة عملياً، ويؤدي ذلك إلى نشاط الفطريات الهوائية واحتراق المادة الجافة (الصحاف، 2015)**

ثانياً: الهندسة الميكانيكية للتقطيع(Precision Chopping)

بعد الحصاد، تأتي عملية الفرم (Chopping) التي تمثل المفتاح لتسريع النشاط الميكروبي:

1. **أطوال الفرم :يتم ضبط آلات الحصاد لفرم المحصول إلى قطع تتراوح أطوالها بين 1 - 2سم.**
2. **الأهمية الفسيولوجية والكيميائية :يشير)خلف، 2017 (في دراسات *كيمياء الأعلاف* إلى أن التقطيع الدقيق يؤدي إلى تدمير الجدران الخلوية للنبات، مما يسمح بخروج العصارة الخلوية الغنية بالسكريات لتكون بتماس مباشر مع بكتيريا حامض اللاكتيك.**
3. **كفاءة الكبس :الفرم الدقيق يسهل عملية رص المادة العلفية داخل الصومعة، حيث تنزلق القطع الصغيرة فوق بعضها البعض لتملأ الفراغات البينية، مما يضمن الطرد التام للأكسجين، وهو شرط أساسي لبدء المرحلة اللاهوائية (الساعدي، 2021)**

ثالثاً: إدارة الكبس والعزل اللاهوائي(Compaction & Sealing)

تُصنف هذه المرحلة بأنها الأخطر في دورة حياة السايلج، لأن نجاحها يعني استقرار المحصول لسنوات، وفشلها يعني تعفن الكتلة العلفية بالكامل:

1. **تقنية الطبقات والرص :يتم تفريغ العلف المفروم في الخنادق (Bunkers) أو الصوامع على شكل طبقات رقيقة (سمك 15-20 سم) تُستخدم تراكتورات ثقيلة الوزن (أو آليات كبس متخصصة) للمرور المستمر فوق كل طبقة.**
2. **طرد الأكسجين :الهدف هو رفع كثافة الكبس لتصل إلى 250كغم مادة جافة/م^3 . إن الطرد السريع للأكسجين ينهي الطور التنفسي للنبات فوراً، مما يمنع استهلاك السكريات في عمليات التنفس الخلوي ويحافظ عليها لعملية التخمير (جامعة المثنى، 2023)**
3. **الإغلاق المحكم (Sealing) يتم تغطية الكتلة العلفية فور الانتهاء من الكبس بطبقتين من البلاستيك المتين (Polyethylene) المقاوم للأشعة فوق البنفسجية.**

توزيع الأوزان :توضع أكياس الرمل أو إطارات السيارات بشكل متلاصق فوق الغطاء البلاستيكي. هذا الإجراء ليس فقط لمنع دخول الهواء، بل لتوفير ضغط مستمر يساعد في خروج الغازات الأولية (مثل CO_2 وضمان بقاء المادة العلفية في حالة انضغاط دائم (حسن، 2015)

رابعاً: المعايير البيئية والأمان الحيوي

نشير في المنهج الحديث إلى ضرورة مراعاة المواقع الجغرافية للصوامع، بحيث تكون في مناطق مرتفعة لمنع دخول مياه الأمطار أو السيول تحت الغطاء البلاستيكي، مع ضرورة مراقبة الراشح وتصريفه بشكل بيئي لمنع تلوث التربة المحيطة.

- ❖ **الارتفاع والتصريف الطبيعي :يشير)يونس وآخرون، 2014 (إلى وجوب اختيار مناطق مرتفعة نسبياً (Elevated sites) لإنشاء الصوامع. في بيئة العراق، يهدف هذا الإجراء إلى منع تسرب مياه الأمطار الشتوية أو السيول المفاجئة (خاصة في مناطق الوديان والبادية) إلى أسفل الغطاء البلاستيكي. دخول الماء يؤدي إلى تخفيف الأحماض العضوية ورفع الـpH ، مما يفسد السايلج ويحوله إلى بيئة لنمو بكتيريا التعفن.**
- ❖ **القرب من مراكز الاستهلاك :يجب أن يكون الموقع قريباً من حظائر الحيوانات لتقليل الانبعاثات الكربونية الناتجة عن النقل ولضمان سرعة التوزيع (الساعدي، 2021)**

2 - الإدارة البيئية للراشح(Silage Effluent Management)

يُعد الراشح السائل الناتج عن ضغط العلف الأخضر عالي الرطوبة من أخطر الملوثات البيئية إذا لم يتم التعامل معه بمهنية.

- **الخطر البيئي والكيميائي :يوضح (الصحاف، 2015) في كتاب *كيمياء النبات* أن راشح السايلج يمتاز برقم هيدروجيني منخفض جداً وحمل عضوي عالٍ (BODمرتفع) تسرب هذا السائل إلى التربة المحيطة يسبب تملحاً موضعياً وتلوثاً للمياه الجوفية، كما يسبب تآكل المنشآت الخرسانية للصوامع.**
- **نظم التصريف الحديثة :يوصي المنهج الحديث في جامعة المثنى (2023 (بإنشاء قنوات تصريف مبطنة في قاع الصومعة تنتهي بخزانات تجميع Collection) (tanksيمكن معالجة هذا السائل واستخدامه كمصدر سمادي عضوي بعد تخفيفه، نظراً لغناه بالعناصر المعدنية والنتروجين الذائب.**

3 - الأمان الحيوي وسلامة الغذاء(Biosecurity and Feed Safety)

يرتبط الأمان الحيوي في السايلج بمنع نمو السموم الفطرية (Mycotoxins) التي تنتقل عبر السلسلة الغذائية وصولاً إلى الإنسان عبر الحليب واللحوم.

❖ منع التلوث الفطري :يشير)خلف، 2017 (إلى أن التعرض للهواء نتيجة سوء التغطية أو التشققات في الغطاء البلاستيكي يسمح بنمو فطر Aspergillusوفطر Penicillium.هذه الفطريات تنتج سموماً (مثل الأفلاتوكسين) التي تسبب تدهور المناعة في الحيوان وفشلاً كبدياً في حالات التسمم الحاد.

❖ مكافحة الآفات والحشرات :يجب أن يكون الموقع مؤمناً ضد القوارض والطيور التي قد تمزق الأغطية البلاستيكية وتسبب بؤراً للفساد الهوائي. استخدام أوزان متلاصقة (إطارات أو أكياس رمل) يُعد وسيلة فيزيائية فعالة للأمان الحيوي (حسن، 2015)

الخلاصة: إن دمج المعايير البيئية مع التقنيات الإنتاجية يحول صناعة السايلج في العراق من مجرد نشاط زراعي إلى نظام إنتاج نظيف .إن الالتزام بتصريف الراشح واختيار المواقع المرتفعة وتأمين الأمان الحيوي يضمن الحصول على علف صحي يقلل من الفاتورة البيطرية ويزيد من جودة المنتجات الحيوانية المحلية.

تكنولوجيا المضافات العلفية(Silage Additives)

تكنولوجيا المضافات العلفية (Silage Additives) وأثرها في استقرار التخمير

تعد المضافات العلفية صمام الأمان لضمان نجاح عملية التسيلج، خاصة في ظل الظروف المناخية الحارة للعراق والتي تسرع من وتيرة التفاعلات الكيميائية الحيوية. تهدف هذه المضافات إما إلى تسريع خفض الرقم الهيدروجيني(pH) ، أو رفع القيمة الغذائية، أو منع التخمرات غير المرغوبة.

1 - المضافات المحفزة للكربوهيدرات (المولاس)

يُعد المولاس (دبس السكر) من أكثر المضافات شيوعاً وأهمية في العراق، خاصة عند تسيلج المحاصيل التي تفتقر للسكريات الذائبة كالبقوليات (الجت والبرسيم)

❖ الدور الكيميائي :يشير)الصحاف، 2015 (إلى أن إضافة المولاس بنسبة 1 - 3%توفر مصدراً فورياً للسكريات الأحادية (الجلوكوز والفركتوز)، مما يمنح بكتيريا حامض اللاكتيك دفعة كيميائية لإنتاج الحامض بسرعة، متجاوزةً بذلك السعة التنظيمية للنبات التي تقاوم انخفاض الـpH.

❖ الفوائد التقنية :يساهم المولاس في تحسين استساغة السايلج ورفع محتواه من الطاقة الكلية، كما يقلل من فقد المادة الجافة من خلال تسريع الوصول إلى طور الاستقرار الكيميائي (جامعة المثنى، 2021)

2 - المضافات النتروجينية (اليوريا)

تستخدم اليوريا بشكل رئيسي عند تسيلج المحاصيل النجيلية (كالذرة الصفراء والبيضاء) التي تمتاز بفقرها النسبي في البروتين الخام.

• رفع القيمة الغذائية :تؤكد البحوث في جامعة المثنى (2023 (أن إضافة اليوريا بنسبة 0.5% تؤدي إلى رفع نسبة النتروجين الكلي، مما ينعكس إيجابياً على محتوى البروتين الخام (CP) في السايلج الناتج.

• الأثر الفسيولوجي :تعمل اليوريا كمصدر نتروجيني غير بروتيني (NPN) تستفيد منه أحياء الكرش المجهرية لاحقاً. ومع ذلك، يجب الحذر عند الإضافة لضمان التوزيع المتجانس وتجنب الجرعات العالية التي قد ترفع الـ pH في البداية وتؤخر التخمير (خلف، 2017)

3 - المضافات الحيوية (البادئات البكتيرية(Inoculants -

تمثل البادئات البكتيرية قمة التطور التقني في صناعة السايلج الحديثة في العراق.

❖ الآلية الحيوية :هي سلالات مختبرية من بكتيريا اللاكتوباسيلس (Lactobacillus plantarum)تُضاف بجرعات محددة لضمان سيطرة البكتيريا النافعة على الوسط اللاهوائي.

❖ السرعة والفاعلية

❖ :أن هذه البادئات تعمل على خفض الـ pH إلى ما دون 4- 2في وقت قياسي (أقل من 48 ساعة في الظروف المثالية)، مما يثبط نشاط بكتيريا Clostridia المحللة للبروتين فوراً، ويحافظ على الأحماض الأمينية الحقيقية من التحطم إلى أمونيا(حسن، 2015)

4 -مضافات الطاقة (الحبوب المجروشة)

في حالات الحصاد المبكر حيث ترتفع رطوبة المحصول، يُلجأ إلى إضافة الحبوب المجروشة (ذرة، شعير) بنسبة 5-10%.

- **الوظيفة المزدوجة :تعمل الحبوب على امتصاص الرطوبة الزائدة (الراشح)، وفي الوقت نفسه ترفع من المحتوى النشوي والطاقي للسايلج، مما يجعله علفاً متكاملاً (الموسوي، 2020)**

توصيات في الإدارة الفنية للمضافات :

لضمان أقصى استفادة من هذه المضافات في المشاريع الزراعية الكبرى يوصى بالآتي:

1. **التوزيع المتجانس :يجب رش المضافات السائلة (مثل المولاس الممدد بالماء) أو نثر المضافات الجافة (مثل اليوريا) بشكل طبقي أثناء عملية الكبس لضمان وصولها إلى كل أجزاء الكتلة العلفية.**
2. **التوافق مع الرطوبة :لا يُنصح بإضافة اليوريا إذا كانت رطوبة المحصول تتجاوز 75%، لأنها قد تساهم في زيادة الفقد النتروجيني مع الراشح.**
3. **الجدوى الاقتصادية :يُفضل استخدام البادئات البكتيرية في المزارع التخصصية لإنتاج الحليب، حيث إن الحفاظ على نوعية البروتين يبرر الكلفة الإضافية للبادئ (يونس وآخرون، 2014)**

تكنولوجيا صناعة الدريس(Haymaking Technology)

يُعرف الدريس بأنه العلف الأخضر الذي خُفضت نسبة الرطوبة فيه عن طريق التجفيف (سواء الطبيعي أو الصناعي) إلى مستويات تسمح بحفظه لفترات طويلة دون حدوث تحلل كيميائي أو تعفن ميكروبي. ويشير (خلف، 2017) إلى أن الهدف الأساسي هو الوصول بالرطوبة إلى ما دون 15-18%، وهي النقطة التي يتوقف عندها نشاط الإنزيمات النباتية والميكروبات.

الجذور التاريخية والأهمية في الزراعة العراقية

تاريخياً، اعتمد المزارع العراقي في مناطق الفرات الأوسط والجنوب على تجفيف فائض الجت صيفاً والبرسيم ربيعاً لتأمين أعلاف الشتاء. ويشير)الدجيلي، 2002 (إلى أن الدريس العراقي يمتاز بجودة عالية إذا ما جُفف بعيداً عن الرطوبة الأرضية، نظراً لتوفر الإشعاع الشمسي الكافي في بيئة العراق. وتبرز أهميته اليوم كعنصر أساسي في العليقة المتكاملة (TMR) لتوفير الألياف الطويلة الضرورية لصحة الكرش (الساعدي، 2021)

الديناميكا الفسيولوجية والكيميائية الحيوية لعملية تجفيف الدريس

تعد عملية تحويل العلف الأخضر إلى دريس معركة فسيولوجية ضد الزمن، حيث يهدف التجفيف إلى سحب الرطوبة بسرعة كافية لإيقاف الهدم الغذائي، مع الحفاظ على البنية الكيميائية للمغذيات. يشرح (الصحاف، 2015) في كتابه المرجعي *كيمياء النبات* أن هذه العملية لا تقتصر على التبخر الفيزيائي للماء، بل هي سلسلة من المراحل الفسيولوجية التي تؤثر بشكل مباشر على القيمة النوعية للمنتج.

أولاً: فسلجة فقد الرطوبة والمراحل الحرجة

تمر النباتات العلفية (خاصة البقوليات كالجت) بثلاث مراحل فسيولوجية متميزة أثناء جفافها في الحقل، وتتطلب كل مرحلة إدارة فنية مختلفة:

1 - المرحلة الأولى: مرحلة الفقد السريع (فقد ماء النتح والثغور)

- **الوصف الفسيولوجي :تبدأ هذه المرحلة فور قطع النبات (الحش) في هذه اللحظة، يكون المحتوى المائي حوالي .%75-80تستمر الثغور النباتية (Stomata) في الانفتاح لفترة وجيزة، مما يسمح بفقد الماء الموجود في المسافات البينية والخلايا البرنكيمية بسرعة كبيرة.**
- **الأثر الكيميائي :خلال هذه المرحلة، يظل النبات حياً فسيولوجياً، وتستمر عمليات التنفس الخلوي (Respiration) بأقصى قوتها.**
- **الإدارة المنهجية :يؤكد)خلف، 2017 (أن الهدف في هذه المرحلة هو خفض الرطوبة إلى %60بأسرع وقت ممكن. إن بقاء النبات في هذه المرحلة لفترة طويلة**

يعني استهلاكاً مفرطاً للكربوهيدرات الذائبة (WSC) وتحويلها إلى ثاني أكسيد الكربون وماء، مما يقلل من الطاقة الصافية للدريس.

2 - المرحلة الثانية: مرحلة فقد الرطوبة المتوسطة (إغلاق الثغور والجفاف القشري)

- الوصف الفسيولوجي :بمجرد أن تنخفض الرطوبة إلى ما دون 60%، تبدأ الثغور بالانغلاق كاستجابة دفاعية ضد الجفاف. هنا تتباطأ سرعة جفاف الأوراق، بينما تظل السيقان محتفظة برطوبة عالية.
- التحدي الحيوي :يبرز هنا تأثير البشرة(Cuticular Resistance) ، حيث تعمل الطبقة الشمعية على منع خروج الماء.
- الإدارة المنهجية :يوصي المنهج الحديث في جامعة المثنى (2023 (باستخدام المكيفات الميكانيكية (Conditioners) التي تقوم بخدش أو كسر الطبقة الشمعية للسيقان، مما يسمح للرطوبة بالخروج بمعدل يتوافق مع جفاف الأوراق، ومنع ظاهرة الأوراق الجافة والسيقان الرطبة التي تؤدي لتعفن البالات لاحقاً.

3 - المرحلة الثالثة: مرحلة فقد الرطوبة المرتبطة (الرطوبة الحرجة(

- الوصف الفسيولوجي :تبدأ عندما تصل الرطوبة إلى 40%وحتى الوصول إلى نقطة الاستقرار (15%) في هذه المرحلة، يكون الماء المراد فقده هو الماء المرتبط (Bound Water)داخل الفجوات العصارية والبروتوبلازم.
- التوصيف الكيميائي :يتوقف التنفس الخلوي تماماً عندما تصل الرطوبة إلى 35-40%، وتدخل الإنزيمات في حالة سكون. ومع ذلك، يظل خطر التكسر الميكانيكي عالياً جداً، فالأوراق تصبح هشة جداً وقابلة للسقوط (Leaf Shattering) بينما لا تزال السيقان تحتاج لمزيد من الوقت لتجف.

ثانياً: التحولات الكيميائية الحيوية أثناء التجفيف

إن إطالة أمد التجفيف في الحقل (Field Curing) تؤدي إلى سلسلة من الخسائر الكيميائية التي يحللها)الصحاف، 2015 (و)خلف، 2017 (كما يلي:

1 - هدم الكربوهيدرات (Respiration Losses) تستمر الإنزيمات في تحلل النشا والسكريات لإنتاج الطاقة الحرارية. إذا استغرقت عملية التجفيف أكثر من 48 ساعة في

رطوبة عالية، فقد يصل الفقد في المادة الجافة إلى 10-15%، وهي خسارة غير مرئية للمزارع لكنها فادحة في ميزان الطاقة العلفية.

2 - تحلل البروتين (Proteolysis) تقوم إنزيمات البروتيز بتحويل البروتينات المعقدة إلى أحماض أمينية حرة وأميدات ونتروجين غير بروتيني. يشير)جامعة المثنى، 2021 (إلى أن الدريس المجفف ببطء يفقد جزءاً كبيراً من البروتين الحقيقي True) (Protein، مما يقلل من جودة الأحماض الأمينية المتاحة للحيوان.

3 - أكسدة الأصباغ والفيتامينات(Pigment & Vitamin Oxidation))

- الكلوروفيل :هو المؤشر البصري للجودة. الأكسدة الضوئية تحوله إلى مركبات باهتة.
- الكاروتين (بروفيتامين (A يعد من أكثر العناصر حساسية للأشعة فوق البنفسجية. يذكر)خلف، 2017 (أن التعرض للشمس المباشرة لمدة طويلة كفيل بتحطيم أكثر من 80%من محتوى الكاروتين. لذا، فإن المنهج الحديث يفضل التجفيف في صفوف سميكة أو باستخدام التجفيف الصناعي للحفاظ على هذه المغذيات.

ثالثاً: العوامل الفسيولوجية المؤثرة على سرعة إخماد التنفس

للوصول إلى درجة الإخماد الكاملة، يجب فهم العوامل التي تتحكم في سرعة انتقال الماء من داخل النبات إلى المحيط الخارجي:

1. نسبة الأوراق إلى السيقان :الأوراق تمتلك مساحة سطحية واسعة بالنسبة لحجمها، لذا تجف أسرع بـ 5-10مرات من السيقان. هذا التباين هو التحدي الأكبر في فيزياء التجفيف.
2. سمك الطبقة الشمعية (Cuticle Thickness) تختلف بين الأصناف، فالأصناف ذات الشمع الكثيف تتطلب معالجة ميكانيكية أقوى لتسريع فقد الرطوبة.
3. درجة حرارة الأنسجة :الارتفاع المعتدل في الحرارة يسرع التبخر، لكن إذا تجاوزت الحرارة 45°م، تبدأ بروتينات الخلايا بالتخثر (Denaturation) قبل جفافها، مما يؤثر على هضم الدريس.
4.

تمتاز البيئة العراقية، ولاسيما مناطق السهل الرسوبي وبادية المثنى، بتنوع المحاصيل العلفية التي يمكن تحويلها إلى دريس عالي الجودة. ويشير (الساعدي، 2021) إلى أن اختيار المحصول المناسب لصناعة الدريس لا يعتمد فقط على وفرة الإنتاج، بل على المعامل الفسيولوجي للجفاف وقدرة الأنسجة النباتية على الاحتفاظ بالأوراق أثناء العمليات الميكانيكية.

أولاً: المحاصيل البقولية - (Legumes) عماد صناعة الدريس

تُعد البقوليات الخيار الاستراتيجي الأول لإنتاج الدريس في العراق نظراً لتفوقها في المحتوى البروتيني ومعدلات الهضم:

1 - الجت أو البرسيم الحجازي.L *Medicago sativa*))

يُجمع الأكاديميون والباحثون في العراق، ومنهم)يونس وآخرون، 2014(، على أن الجت هو ملك محاصيل العلف لصناعة الدريس عالمياً ومحلياً.

- **الخصائص الكيميائية الحيوية :يمتاز الجت بنسبة بروتين خام تتراوح بين 18- 22%عند حشه في طور بداية التزهير. وتكمن ميزته الكبرى في تركيز الأحماض الأمينية الضرورية في الأوراق، وقدرة هذه الأوراق فسيولوجياً على الاحتفاظ بروابط بكتينية قوية مع الساق حتى بعد فقد الرطوبة، مما يقلل من الفقد الميكانيكي.**
- **التاريخ والأهمية في العراق :ارتبطت زراعة الجت في العراق باستدامة الثروة الحيوانية في فترات الانقطاع العلفي. ويمتاز الجت العراقي (مثل الأصناف المحلية المحسنة) بقدرته على تحمل الملوحة والحرارة العالية، مما يجعله المحصول الأمثل في بادية المثنى لإنتاج دريس يمكن خزنه لسنوات دون فقد جوهري في قيمته الغذائية (الصحاف، 2015)**
- **إدارة الجفاف الفسيولوجي :يمتلك الجت سيقاناً قائمة جوفاء نسبياً تساعد في دوران الهواء داخل الصفوف أثناء التجفيف الحلقي، مما يسرع من الوصول إلى نسبة الرطوبة الآمنة15%))**

2 - البرسيم المصري.L *Trifolium alexandrinum*))

يأتي في المرتبة الثانية من حيث الانتشار، خاصة في الأراضي المروية والترب الطينية.

- **التحديات الفسيولوجية :يشير)خلف، 2017 (إلى أن البرسيم المصري يمتلك سيقاناً عصارية (Succulent stems) ذات محتوى مائي مرتفع جداً قد يصل إلى 85-90%.هذا المحتوى العالي يتطلب عناية فائقة وإدارة تقنية متقدمة، حيث إن الأوراق تجف بسرعة كبيرة بينما تظل السيقان رطبة، مما قد يؤدي إلى تعفن الدريس بعد الكبس إذا لم يُقلب بانتظام.**
- **القيمة الغذائية :يمتاز بدريس ذو استساغة عالية جداً نظراً لانخفاض محتوى الألياف الخشبية (Lignin) في مراحله الأولى، وهو مثالي لإنتاج الحليب في الجاموس والأبقار.**
- **موسم الإنتاج :يتركز إنتاج دريس البرسيم في العراق خلال الحشات الربيعية (آذار ونيسان) حيث تكون الظروف الجوية مثالية للتجفيف الشمسي قبل اشتداد حرارة الصيف الحارقة (جامعة المثنى، 2023)**

ثانياً: المحاصيل النجيلية - (Grasses) أعلاف الطاقة والألياف

تُعد النجيلية مكملاً ضرورياً للبقوليات، وتمتاز بسهولة تصنيعها كدريس نظراً لطبيعة أوراقها وسيقانها.

1 - الشوفان العلفي*Avena sativa* L.))

أصبح الشوفان في العقد الأخير من المحاصيل الواعدة جداً في العراق لصناعة الدريس.

- **سهولة التجفيف :تمتاز سيقان الشوفان بأنها أقل عصارية من البرسيم، مما يجعل تجفيفها متوازناً مع الأوراق. ويذكر)الجابري، 2019 (أن دريس الشوفان المحصود في طور النضج اللبني يمثل توازناً مثالية بين البروتين والكربوهيدرات.**
- **الأهمية الهضمية :يوفر دريس الشوفان أليافاً فعالة (Effective Fiber) تحفز عملية المجترات، ويُستخدم بكثافة في خلطات خيول السباق والحيوانات عالية الإنتاج.**

2 - حشيشة السودان*Sorghum sudanense*))

تمثل الخيار الصيفي الأبرز لإنتاج الدريس النجيلي في المناطق الحارة كالمثنى والبصرة.

• النمو المتفجر :قدرتها على إعطاء عدة حشات صيفية تجعلها مصدراً مستمراً لعمل الدريس.

• الميزة الكيميائية :تمتاز بمحتوى عالي من السكريات الذائبة التي تضفي طعماً مستساغاً للدريس الناتج. ويؤكد)الصحاف، 2015 (أن تجفيف حشيشة السودان يؤدي إلى تحلل جزء كبير من حامض الهيدروسيانيك (HCN) السام الذي قد يتواجد في النبات الأخضر، مما يجعل الدريس أكثر أماناً للتغذية.

ثالثاً: المعايير التي تجعل المحصول ملائماً للصناعة بناءً على التحليل الكيميائي (المقارنة المنهجية والمعايير الأكاديمية للاختيار):

معيار المفاضلة	المحاصيل البقولية (الجت/البرسيم)	المحاصيل النجيلية (الشوفان/السودان)
سرعة التجفيف	أبطأ (بسبب عصارية السيقان)	أسرع (بسبب تركيب الأوراق الطولي)
محتوى البروتين	مرتفع (16 - 22%)	متوسط (8 - 12%)
محتوى الطاقة	متوسط	مرتفع-(بسبب السكريات والنشويات)
سهولة الكبس	تتطلب مهارة لمنع تكسر الأوراق	سهلة ولا تتأثر كثيراً بالعمل الميكانيكي
الفقد الميداني	مرتفع (قد يصل لـ 20% في الأوراق)	منخفض (أقل من % 5)

رابعاً: التكامل المحصولي حسب الرؤى الحديثة

يشير التوجه الأكاديمي الحديث في كليات الزراعة العراقية إلى ضرورة تبني فكرة الدريس المختلط .فبدلاً من زراعة المحاصيل منفردة، يتم حش وتحويل المحاصيل المحملة (مثل الشوفان مع البرسيم) إلى دريس واحد.

• الفوائد البيوكيميائية :هذا الخلط يسرع من عملية تجفيف البرسيم بفضل وجود سيقان الشوفان التي تعمل كـ فواصل هوائية داخل الحزم، كما ينتج علفاً متوازناً في نسبة (البروتين : الطاقة) يقلل من الحاجة للأعلاف المركزة المكلفة (الساعدي، 2021)

المواصفات الفنية للدريس الجيد (المعاينة الحسية والكيميائية)

يعد تقييم جودة الدريس عملية محورية لتحديد قيمته الغذائية وسعره السوقي ومدى سلامته للاستهلاك الحيواني. ويشير)الساعدي، 2021 (في دراسات جامعة المثنى إلى أن الجودة لا تُقاس بوفرة الإنتاج فحسب، بل بمدى الحفاظ على الخصائص الفسيولوجية والكيميائية للمحصول الأصلي بعد التجفيف.

أولاً: المعاينة الحسية والفيزيائية(Physical & Sensory Evaluation)

تُعد المعاينة الحسية الخط الدفاعي الأول لتقييم الجودة في الحقل والمخزن، وهي تعكس دقة العمليات الزراعية التي مر بها المحصول.

1 - المقياس اللوني والأثر الفسيولوجي (Color Spectrum) يُعد اللون المؤشر البصري الأقوى على مدى الحفاظ على الفيتامينات والبروتينات.

- **الأخضر الزاهي (Deep Green) يشير إلى نجاح عملية الإخماد السريع للتنفس الخلوي والحفاظ على صبغة الكلوروفيل وفيتامين) A الكاروتين) هذا اللون يعني أن المحصول لم يتعرض لأمطار أثناء التجفيف ولم يُترك تحت الشمس لفترة أطول من اللازم.**
- **اللون الأصفر أو الباهت (Yellowing) يعود فسيولوجياً إلى تحلل الكلوروفيل نتيجة التعرض المفرط للأشعة فوق البنفسجية(Bleaching) ، أو بسبب حصاد المحصول في مرحلة متأخرة من النضج (الشيخوخة الفسيولوجية)**
- **اللون البني أو المسود (Browning/Blackening) هو أخطر المؤشرات، فاللون البني الداكن يشير إلى حدوث تفاعل ميلارد (Maillard Reaction) نتيجة الكبس برطوبة عالية، حيث ترتبط السكريات بالبروتينات وتصبح غير قابلة للهضم. أما اللون المسود فيشير غالباً إلى تلوث الدريس بالأمطار أو نمو أعفان داخل البالات (الصحاف، 2015)**

2 - التناسب المورفولوجي (نسبة الأوراق إلى السيقان (Leaf to Stem Ratio - من الناحية الأكاديمية، يُعرف الدريس الجيد بأنه منتج ورقي.

- **القيمة الغذائية للأوراق :تحتوي الأوراق في البقوليات (مثل الجت) على 70-75%من البروتين الكلي للمحصول، وأكثر من 90%من الكاروتين.**
- **معيار الجودة :يذكر)يونس وآخرون، 2014 (أن الدريس الممتاز هو الذي تزيد فيه نسبة الأوراق عن 50%من الوزن الكلي. الدريس الذي يتكون غالبيته من سيقان غليظة ومتخشبة يفتقر للاستساغة وينخفض فيه معامل الهضم نتيجة ارتفاع نسبة اللكنين(Lignin)**
- **التكسر الميكانيكي :فقدان الأوراق أثناء التقليب والكبس (Shattering) يُعد خسارة كيميائية كبرى، وهو دليل على سوء الإدارة الفنية لموعد الكبس.**

3 - الخصائص العطرية(Aroma and Palatability)

- **الرائحة العطرية :يمتاز الدريس الجيد برائحة الكومارين المنعشة التي تجذب الحيوان وتزيد من كمية المادة الجافة المتناولة(DMI)**
- **الروائح المنفرة :وجود رائحة الخل أو الخميرة يشير إلى بدء تخمرات غير مرغوبة، بينما تشير الرائحة العفنة (Musty odor) إلى نشاط الفطريات التي قد تفرز سموماً فطرية (Mycotoxins) تشكل خطراً على حياة الحيوان (خلف، 2017)**

ثانياً: التحليل الكيميائي والمعايير المخبرية(Chemical Evaluation)

في المنهج الحديث، لا نكتفي بالمعاينة الحسية، بل نعتمد على التحليل المختبري الدقيق الذي توفره مختبرات كلية الزراعة بجامعة المثنى.

1 - محتوى الرطوبة والنشاط المائي(Moisture Content)

- **المدى الذهبي (12 -15 (%هو المدى الذي يضمن استقرار الدريس كيميائياً.**
- **مخاطر الارتفاع (>18%) يؤدي إلى نشاط ميكروبي يرفع درجة حرارة البالة.**

يذكر)الساعدي، 2021 (أن الحرارة إذا وصلت إلى 50-60°م، تبدأ عمليات الهدم الكيميائي، وإذا تجاوزت 70°م، يدخل الدريس في طور الاحتراق الذاتي (Spontaneous Combustion)نتيجة تفاعلات الأكسدة الطاردة للحرارة.

- مخاطر الانخفاض (<10%) يؤدي إلى جفاف مفرط يجعل الدريس يتكسر ويتحول إلى غبار أثناء النقل، مما يقلل من قيمته الاقتصادية.

2 - البروتين الخام (Crude Protein - CP) يُعد المحتوى البروتيني المعيار الكيميائي الأول في التقييم. في دريس الجت الممتاز، يجب ألا يقل البروتين عن 18-20%.ويشير)خلف، 2017 (إلى ضرورة قياس البروتين المرتبط بالألياف (ADICP)، فإذا كانت نسبته عالية، فهذا يعني أن الدريس تعرض لحرارة عالية جعلت البروتين غير متاح للحيوان حتى لو كانت نسبة البروتين الكلي مرتفعة.

3 - معايير الأليافADF & NDF))

- الألياف الذائبة في المنظفات الحامضية (ADF) تعبر عن نسبة السليلوز واللكنين، وكلما انخفضت (أقل من 30%)، زاد معامل الهضم.
- الألياف الذائبة في المنظفات المتعادلة (NDF) تعبر عن حجم العلف الذي يشغله في الكرش، وكلما انخفضت (أقل من 40%)، زادت كمية العلف التي يستطيع الحيوان تناولها.

4 -القيمة العلفية النسبية (Relative Feed Value - RFV) هو رقم حسابي يجمع بين القابلية للهضم وكمية المتناول. يُصنف الدريس كـ ممتاز (Prime) إذا تجاوزت قيمة الـ RFV فيه < 150

نؤكد هنا على التالي:

- أن الجودة: هي محصلة للتداخل بين العوامل الوراثية للمحصول والظروف البيئية والإدارة البشرية.
- سلامة الدريس :يجب أن يخلو الدريس تماماً من الأدغال السامة (مثل الداتورة أو الشويكة) التي قد تُجفف معه وتظل محتفظة بسميتها.
- تأثير التربة :وجود نسبة عالية من الرماد (Ash) في التحليل المختبري (أكثر من 10%) يشير إلى تلوث الدريس بالتربة أثناء عمليات التقليب الميكانيكي، مما يقلل من طاقته الصافية ويؤثر على صحة أسنان الحيوان (جامعة المثنى، 2023)

خطوات العمل الميداني (من الحش إلى التخزين)

تمثل الإدارة الميدانية لعملية تجفيف الأعلاف الفارق الجوهري بين الدريس التقليدي وبين ما نطرحه في المنهج الحديث من منتج يضاهي المواصفات العالمية. إن الخطوات الميدانية ليست مجرد إجراءات آلية، بل هي إدارة زمنية وفسيولوجية تهدف إلى تثبيت العناصر الغذائية في الأنسجة النباتية قبل تدهورها.

أولاً: الاستحقاق الفسيولوجي وموعد الحش(Maturity Management)

إن تحديد ساعة الصفر لبدء الحش هو القرار الأكثر خطورة في جودة الدريس. يعتمد هذا القرار على الموازنة الكيميائية بين تراكم المادة الجافة (Yield) وبين المحتوى البروتيني والألياف الهضمية.

1. محصول الجت (البرسيم الحجازي) يؤكد المنهج الحديث على الحش عند مرحلة 10%)تزهير) فسيولوجياً، تكون الجذور في هذه المرحلة قد استعادت مخزونها من الكربوهيدرات (النشا) لضمان سرعة المعاودة للحشة التالية، وفي الوقت ذاته تكون نسبة الأوراق إلى السيقان في ذروتها النوعية، حيث لم تبدأ السيقان بعد بعملية التلكنين (Lignification)المفرطة (جامعة المثنى، 2021)

2. محصول البرسيم المصري :يُنصح بالحش عند طور)بداية التزهير) وبما أن البرسيم المصري يمتاز بمحتوى مائي عالٍ وسيقان غضة، فإن الحش في هذا الموعد يضمن بقاء المحتوى البروتيني فوق الـ %16قبل أن تنخفض الجودة مع تقدم العمر الفسيولوجي (يونس وآخرون، 2014)

3. النجيليات (الشوفان وحشيشة السودان) يُعد طور)البطان أو بداية طرد السنابل (هو التوقيت الذهبي، حيث تكون الكربوهيدرات الذائبة في أعلى مستوياتها، مما ينتج دريساً عالي الطاقة والاستساغة.

ثانياً: تكنولوجيا التجفيف الحلقي (Field Curing) وإدارة الرطوبة

بمجرد سقوط المحصول على الأرض، يبدأ التحدي الأكبر وهو خفض الرطوبة من 80%إلى ما دون .20%

- **دور المقلبات (Tedders) يشير)حسن، 2015 (إلى أن ترك العلف كما سقط خلف الحاشة يؤدي إلى جفاف الطبقة العليا (المعرضة للشمس) وتخمر الطبقة السفلى**

(الملامسة للتربة) لذا، فإن استخدام المقلبات الميكانيكية بجدولة زمنية مدروسة يضمن تجفيفاً متجانساً.

- تجفيف السيقان :السيقان تجف بمعدل أبطأ بمقدار 3 - 5مرات من الأوراق. الإدارة الحديثة تعتمد على التكييف الميكانيكي (Conditioning) لتهشيم جدران السيقان، مما يسرع من خروج الماء المرتبط ويوحد معدل جفاف الساق مع الورقة، وهذا يمنع الفقد الناتج عن جفاف الأوراق الزائد وتكسرها بينما لا تزال السيقان رطبة.
- الأثر البيئي في العراق :في بيئة بادية المثنى، حيث الإشعاع الشمسي المكثف، يجب تقليل مدة التجفيف المباشر وتكثيف استخدام التقليب لضمان عدم احتراق الصبغات (الكلوروفيل والكاروتين) بفعل الأشعة فوق البنفسجية (الصحاف، 2015)

ثالثاً: ميكانيكية الكبس (Baling) وفن التوقيت

تعد عملية الكبس هي المرحلة التي يتم فيها تعبئة الجودة. إن الخطأ في توقيت الكبس كفيل بتحويل الدريس الممتاز إلى علف رديء أو حطب عديم القيمة.

1. المحتوى الرطوبي الحرج :يجب ألا يبدأ الكبس إلا عندما تصل الرطوبة إلى ((15-18%
2. تقنية ندى الصباح :في مناخ العراق الجاف، تصبح الأوراق هشة جداً (Brittle)في الظهيرة، مما يؤدي إلى سقوطها عند دخولها الكباسة. المنهج الحديث يوصي بالكبس في الصباح الباكر، حيث يمتص النبات رطوبة الندى الخفيفة التي تعيد للأوراق مرونتها (Flexibility) دون أن ترفع الرطوبة الإجمالية فوق الحد المسموح. هذا الإجراء يضمن بقاء الأوراق ملتصقة بالسيقان داخل البالة (خلف، 2017)
3. كثافة البالة :يجب ضبط الكباسة لإنتاج بالات ذات كثافة تسمح بمرور النفس الداخلي، لتجنب حدوث بؤر حرارية قد تؤدي لتفاعل ميلارد (Browning) أو الاحتراق الذاتي.

رابعاً: التخزين الاستراتيجي وحماية المادة الجافة(Storage Management)

التخزين ليس مجرد وضع البالات في مكان ما، بل هو استمرار لعملية الحفظ اللاهوائي أو الهوائي المستقر.

- العزل عن الرطوبة الأرضية :يشدد المنهج الحديث في جامعة المثنى (2023 (على ضرورة وضع البالات فوق منصات خشبية (Pallets) أو طبقة سميكة من القش الجاف. التلامس المباشر مع التربة يسبب الخاصة الشعرية التي تسحب رطوبة الأرض

للبالات السفلى، مما يؤدي لنمو أعفان خطيرة (مثل *Aspergillus*)التي تفرز السموم الفطرية.

- التهوية المتقاطعة (Cross-Ventilation) يجب ترتيب البالات في المخازن (المسقفات) مع ترك فجوات بين الطرائق (Stacks) للسماح بدوران الهواء. هذا التبريد الطبيعي يضمن طرد أي حرارة متبقية ناتجة عن استمرار التنفس الضعيف في الأيام الأولى للتخزين.
- الحماية من الضوء :التخزين في أماكن مظللة يحمي الدريس من فقدان فيتامين Aوالكلوروفيل، مما يحافظ على القيمة التسويقية والغذائية للمحصول لأطول فترة ممكنة (الساعدي، 2021)

الفقد الغذائي أثناء صناعة الدريس

إن الفارق بين المادة الجافة المحشوشة في الحقل وبين المادة التي تصل فعلياً إلى فم الحيوان يُمثل فجوة الفقد. ويشير)خلف، 2017 (في دراسات كيمياء الأعلاف إلى أن هذا الفقد ليس كمياً فحسب، بل هو فقد نوعي يطال العناصر الأكثر قيمة في النبات. ويمكن تقسيم هذه الخسائر منهجياً إلى ثلاثة محاور رئيسة:

أولاً: الفقد الميكانيكي - (Mechanical Losses) ضياع الأجزاء الثمينة

يُعد الفقد الميكانيكي أخطر أنواع الفقد في المحاصيل البقولية (كالجت والبرسيم)، حيث تتركز القيمة الغذائية في الأوراق.

1. ظاهرة تكسر الأوراق (Leaf Shattering) فسيولوجياً، تجف الأوراق أسرع بكثير من السيقان. عندما تصل رطوبة الأوراق إلى ما دون 10-12%، تصبح هشة للغاية وقابلة للانفصال عن الساق عند أدنى احتكاك ميكانيكي.
2. أثر الآلات الحقلية :يؤدي استخدام المقلبات (Tedders) أو الكبّاسات في أوقات غير مناسبة (مثل وقت الظهيرة حيث تنعدم الرطوبة الجوية) إلى سقوط الأوراق في الحقل. وبما أن الأوراق تحتوي على 70%من البروتين الخام و 90%من الكاروتين وفيتامينات المجموعة(B) ، فإن الدريس الناتج يكون عبارة عن سيقان متخشبة منخفضة القيمة الغذائية (يونس وآخرون، 2014)
3. الفقد أثناء النقل والتداول :يشمل تساقط أجزاء من البالات أثناء التحميل والتفريغ، وهو فقد تراكمي يقلل من الكفاءة الاقتصادية للمحصول.

ثانياً: الفقد الكيميائي والفسيولوجي(Chemical & Physiological Losses)

يحدث هذا الفقد نتيجة لاستمرار النشاط الحيوي للأنسجة النباتية بعد الحش، أو نتيجة لتدخل العوامل الجوية.

1. **الاستنزاف التنفسي (Respiration Losses) النبات لا يموت فور حشه، بل تستمر الخلايا في التنفس واستهلاك السكريات المخزونة (WSC) لتحويلها إلى طاقة حرارية وثاني أكسيد الكربون. ويؤكد)الصحاف، 2015 (في كتاب *كيمياء النبات* أن هذا الفقد يستمر طالما كانت رطوبة النبات فوق .40%-35في حالات التجفيف البطيء، قد يفقد النبات ما يصل إلى 15% من مادته الجافة (غالبيتها سكريات ونشويات) بفعل التنفس وحده.**
2. **فقد الغسل (Leaching Losses) في حال تعرض الدريس للأمطار أثناء وجوده في الحقل، تتعرض المكونات الذائبة (السكريات، النيتروجين غير البروتيني، والمعادن الذائبة كالبوتاسيوم) لعملية غسل ونضح. يشير المنهج الحديث إلى أن المطر لا يقلل القيمة الغذائية فحسب، بل يرفع نسبة الألياف النوعية (ADF & NDF) بجعلها أكثر تركيزاً بعد فقد المواد الذائبة، مما يقلل من معامل الهضم الكلي.**
3. **التحلل الضوئي (Photo-oxidation) التعرض المفرط لأشعة الشمس المباشرة يؤدي إلى أكسدة صبغة الكلوروفيل وتحطيم الكاروتين. هذا الفقد الكيميائي يُفقد الدريس قيمته كونه مصدراً لفيتامين A (الساعدي، 2021)**

ثالثاً: الفقد البيولوجي والميكروبي(Biological & Microbial Losses)

يرتبط هذا النوع من الفقد بسوء إدارة الرطوبة عند الكبس والتخزين، وهو المسؤول عن التدهور النوعي الشامل.

1. **النشاط الفطري والتعفن :عند كبس الدريس برطوبة تزيد عن 18-20%، تتوفر البيئة المثالية لنمو الأعفان (مثل *Aspergillus* و Penicillium) هذه الأحياء المجهرية لا تكتفي باستهلاك المادة الغذائية، بل تفرز سموماً فطرية (Mycotoxins) تجعل الدريس غير صالح للاستهلاك الحيواني وقد تسبب حالات إجهاض أو تسمم كبدي (جامعة المثنى، 2023)**
2. **التلف الناتج عن الحرارة (Heat Damage) النشاط الميكروبي داخل البالات الرطبة يولد حرارة عالية. كيميائياً، تؤدي هذه الحرارة إلى تفاعل ميلارد (Browning reaction)، حيث ترتبط الأحماض الأمينية (البروتين) بالكربوهيدرات لإنتاج مركبات غير قابلة للهضم. في هذه الحالة، قد يظهر التحليل المختبري نسبة بروتين عالية، لكنها**

في الواقع غير متاحة (Non-available Protein) للحيوان بسبب الارتباط الكيميائي المعقد الناتج عن الحرارة.

3. الفقد بفعل القوارض والآفات :التخزين غير المحكم في مخازن مفتوحة يعرض الدريس للتلف الفيزيائي والتلوث بفضلات القوارض والطيور، مما يقلل من معايير الأمان الحيوي التي ينادي بها المنهج الحديث.

استراتيجيات الحد من الفقد (منظور المرجع الحديث)

لضمان تقليل هذه الأنواع الثلاثة من الفقد في بيئة العراق، يوصي الباحثون بتبني التوصيات التالية:

- استخدام المكيفات (Conditioners) لتقصير مدة البقاء في الحقل وتقليل الفقد التنفسي.
- الكبس عند الرطوبة المثالية :استهداف رطوبة 15%، والاستفادة من ندى الصباح لتقليل الفقد الميكانيكي للأوراق.
- التخزين المظلل :لحماية الدريس من التحلل الضوئي والمطري.

الرؤية الاستراتيجية وأهداف تربية وتحسين محاصيل العلف

تمثل تربية محاصيل العلف تحدياً علمياً فريداً، فهي لا تستهدف إنتاج عضو نباتي محدد كالبذور أو الثمار، بل تستهدف النبات ككل بوصفه وحدة إنتاجية وكيميائية حيوية. ويشير (الركابي، 2024) إلى أن الفلسفة الحديثة في العراق انتقلت من التركيز على الحاصل الكمي المجرد إلى مفهوم الحاصل النوعي المستدام، وهو ما يتطلب تداخلاً بين الوراثة، الفسلجة، وكيمياء التغذية.

أولاً: تعظيم الكتلة الحيوية (Biomass Optimization) وكفاءة التمثيل الضوئي

في محاصيل العلف، يُعد الحاصل البيولوجي (Biological Yield) هو المخرج النهائي. لذا، تركز برامج التربية على الخصائص المورفولوجية والفسيولوجية التي تزيد من معدل تراكم المادة الجافة:

1. **تحسين بنية الغطاء الخضري (Canopy Architecture) تهدف التربية إلى تطوير سلالات ذات زوايا أوراق تسمح بتغلغل الضوء إلى الطبقات السفلى للنبات، مما يقلل من ظاهرة شيخوخة الأوراق السفلى ويحافظ على نشاط التمثيل الضوئي لفترة أطول.**
2. **كفاءة استخدام الإشعاع (RUE) يتم التلاعب الوراثي بتركيز صبغات الكلوروفيل وسعة الإنزيمات (مثل Rubisco لتعظيم تثبيت الكربون، خاصة في المحاصيل ذات المسار الكربوني الرابع (C4) مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان، لتتناسب مع شدة الإضاءة العالية في العراق (الصحاف، 2015)**
3. **قدرة المعاودة على النمو (Regrowth Capacity) في المحاصيل متعددة الحشات (كالجت)، تهدف التربية إلى تحسين مخزون الكربوهيدرات في التاج والجذور، مما يضمن سرعة بزوغ البراعم بعد كل حشة، وهو ما يرفع تراكم الكتلة الحيوية على مدار الموسم.**

ثانياً: الهندسة الكيميائية للقدرة الهضمية(Degradability Engineering)

يُعد اللكنين (Lignin) العائق الأكبر أمام الاستفادة من المحاصيل العلفية.

لذا تنصب الرؤية الاستراتيجية للتربية الحديثة على التلاعب بالبناء الكيميائي لجدران الخلايا عن طريق:

1. **تطوير طفرات العرق البني (Brown Midrib - bmr) يذكر)خلف، 2017 (أن استخدام طفرات الـ bmrفي الذرة البيضاء والذرة الصفراء يقلل من محتوى اللكنين بنسبة تصل إلى .%20-40كيميائياً، هذا التغيير يزيد من القيمة الهضمية للمادة الجافة (IVDMD) ويسهل عمل ميكروبات الكرش في تحلل السليلوز والهميسليلوز.**
2. **تحسين نسبة الأوراق إلى السيقان (Leaf-to-Stem Ratio) الأوراق هي مخزن البروتين، بينما السيقان هي مخزن الألياف المتخشبة. تهدف التربية إلى استنباط أصناف تمتاز بسيقان ناعمة غير متخشبة وبنسبة أوراق مرتفعة، مما يرفع من القيمة الغذائية الكلية للعلف (يونس وآخرون، 2014)**
3. **تخفيض العوامل المضادة للتغذية (Anti-nutritional Factors) مثل تخفيض محتوى حامض الهيدروسيانيك (HCN) في الذرة البيضاء، أو السابونين في الجت، لجعل العلف أكثر أماناً واستساغة للحيوان.**

ثالثاً: المرونة الفسيولوجية لمواجهة الإجهادات البيئية في العراق

(Abiotic Stress Resilience)

بما أن بادية المثنى والسهل الرسوبي يقعان تحت وطأة التغير المناخي، فإن التربية لـ التحمل أصبحت هدفاً سيادياً:

1. **آليات تحمل التملح (Salinity Tolerance) تتركز الجهود على تطوير سلالات تمتلك القدرة على الاستبعاد الأيوني لصوديوم والكلوريد، أو مراكمتها في الفجوات العصارية بعيداً عن السايتوبلازم النشط. وتشير (دراسات جامعة المثنى 2023)إلى أن اختيار سلالات من الذرة البيضاء تتحمل ملوحة تصل إلى 16- 12 ديسيسيمنز/م هو مفتاح زراعة الأعلاف في الترب المتأثرة بالأملاح.**
2. **كفاءة استخدام الماء (WUE) وتحمل الجفاف :استنباط أصناف تمتلك جذوراً عميقة وقدرة على التعديل الأزموزي (Osmotic Adjustment) للحفاظ على ضغط الامتلاء تحت ظروف نقص المياه.**
3. **المرونة الحرارية (Thermal Plasticity) تطوير بروتينات الصدمة الحرارية (HSPs) ورافعات المناعة الفسيولوجية التي تحمي الأغشية الخلوية**

والبروتينات من التمسخ (Denaturation) خلال موجات الحرارة التي تتجاوز 50° م في الصيف العراقي (الركابي، 2024)

رابعاً: تحسين القيمة الحيوية والبروتينية(Bio-fortification)

1. **تحسين محتوى البروتين الخام (CP) خاصة في النجيليات، عبر اختيار سلالات ذات كفاءة عالية في امتصاص وتمثيل النتروجين(NUE))**
2. **محتوى الكربوهيدرات الذائبة (WSC) رفع نسبة السكريات في النبات الأخضر ليس فقط لزيادة الطاقة، بل لضمان نجاح عملية التسيلج (Silage) لاحقاً، حيث توفر هذه السكريات الوقود اللازم لبكتيريا حامض اللاكتيك (الصحاف، 2015)**

لابد ان نشير هنا الى إن تربية محاصيل العلف في العراق لم تعد تكتفي بالبحث عن النبات الأكبر حجماً بل تبحث عن النبات الأكثر ذكاءً فسيولوجياً النبات الذي يستطيع تحويل أقل كمية من مياه الري المالح إلى أعلى قيمة بروتينية مهضومة، مع الحفاظ على مرونة فسيولوجية تضمن استمرارية الإنتاج في ظل الظروف المناخية القاسية.

استراتيجيات الانتخاب والتحسين الوراثي في البيئات القاسية (جنوب العراق انموذجاً)

تُعد تربية محاصيل العلف في بيئات جنوب العراق تحدياً وراثياً وفسيولوجياً مزدوجاً، حيث تجتمع ملوحة التربة والمياه مع التطرف الحراري والجفاف الجوي. ويشير (البديري، 2023) إلى أن النجاح في استنباط أصناف متفوقة لا يعتمد على المختبرات المعزولة، بل على استراتيجية الانتخاب المباشر التي تضع العشائر الوراثية في مواجهة مباشرة مع التحديات الحقلية الحقيقية.

أولاً: فلسفة الانتخاب في الموقع (In situ selection) وأهميتها المنهجية

تعتمد هذه الاستراتيجية على مبدأ التفاعل بين التركيب الوراثي والبيئة (G \times E interaction)في بيئة محافظة المثنى، لا يكفي أن يمتلك الصنف قدرة إنتاجية عالية في الظروف المثالية، بل يجب أن يمتلك ثباتاً وراثياً تحت الضغوط.

1. كشف التباينات الوراثية الحقيقية :يؤدي الانتخاب في البيئة المستهدفة إلى تفعيل الجينات المسؤولية عن التحمل (Tolerance Genes) التي قد تظل ساكنة في البيئات المثالية. يتيح ذلك لمربي النبات في جامعة المثنى تمييز السلالات التي تمتلك آليات فسيولوجية حقيقية لمقاومة الملوحة.
2. التأقلم مع شدة السطوع الشمسي :تمتاز بيئة الجنوب بمعدلات سطوع شمسي عالية جداً. الأصناف المستوردة غالباً ما تعاني من التثبيط الضوئي-Photo) (inhibitionوتدمير نظام التمثيل الضوئي الثاني (PSII) بينما السلالات المحلية التي يتم انتخابها ميدانياً تمتلك آليات لحماية الأصباغ النباتية عبر زيادة تركيز الأنثوسيانين والكاروتينويدات التي تعمل كدروع كيميائية (الصحاف، 2015)
3. مواجهة جفاف الرياح (السموم) تسبب الرياح الجافة صيفاً فقداً هائلاً للماء عبر النتح. الانتخاب الميداني يسمح باختيار النباتات ذات الكفاءة العالية في غلق الثغور أو تلك التي تمتلك طبقة شمعية (Cuticle) سميكة تقلل النتح غير الثغري.

ثانياً: الأصول الوراثية المحلية (Germplasm) ككنز للتكيف الملح

تُظهر دراسات البديري (2023 (و جامعة المثنى أن الأصناف المحلية من الجت والبرسيم، التي توارثها المزارعون لقرون، قد خضعت لانتخاب طبيعي قاسٍ، مما جعلها تمتلك مخزوناً وراثياً نادراً لا يتوفر في الأصناف التجارية المستوردة.

1. آلية الاستبعاد الأيوني (Ion Exclusion) تمتلك السلالات المحلية قدرة فائقة على منع وصول أيونات الصوديوم والكلوريد السامة إلى الأوراق الفتية والقمم النامية، وحجزها في الجذور أو الأوراق المسنة. هذا السلوك الوراثي يضمن استمرار عملية التمثيل الضوئي حتى في مستويات ملوحة تتجاوز 12ديسيسيمنز/م.
2. التعديل الأزموزي (Osmotic Adjustment) تمتاز هذه الأصول بقدرتها على تخليق جزيئات عضوية (مذابات متوافقة) مثل البرولين والسكريات المختزلة داخل الخلايا، مما يحافظ على ضغط الامتلاء ويمنع ذبول النبات تحت الإجهاد الملحي (الركابي، 2024)
3. مقاومة التملح الفسيولوجي :يذكر)خلف، 2017 (أن الأصناف المستوردة قد تتفوق في الحشات الأولى (الربيعية)، لكنها تنهار تماماً مع ارتفاع الملوحة والحرارة صيفاً، بينما تظهر السلالات المحلية مرونة فسيولوجية تتيح لها الاستمرار في الإنتاج المادي وإن كان بمعدلات أقل، مما يوفر أمناً علفياً مستداماً.

ثالثاً: منهجية التحسين الوراثي المتبعة في المنهج الحديث

للوصول إلى أصناف تتفوق على المستورد، تتبع المراكز البحثية في العراق بروتوكولاً أكاديمياً صارماً:

- **أ- التقييم المظهري الدقيق (Phenotyping) قياس صفات مثل دليل الكلوروفيل، المحتوى المائي النسبي(RWC) ، ودرجة حرارة الغطاء الخضري باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد. النباتات التي تحافظ على برودة أوراقها تحت الشمس الحارقة هي المرشحة الأقوى للانتخاب.**
- **ب- الانتخاب لصفة المعاودة (Regrowth) في الجت المحلي، يتم التركيز وراثياً على قوة التاج (Crown) وعدد البراعم الكامنة، لضمان إنتاجية مستمرة عبر الحشات المتعددة دون تدهور العشيرة النباتية.**
- **ج- دمج التقنيات الجزيئية (Molecular Breeding) بدأت جامعة المثنى في استخدام الواسمات الجزيئية (Molecular Markers) المرتبطة بصفات التحمل، لتسريع عملية الانتخاب واختصار الزمن اللازم لاستنباط الصنف، وهو ما يعرف بـ الانتخاب بمساعدة الواسماتMAS))**

رابعاً: التفوق النوعي للأصناف المحلية على المستوردة

يشير المنهج الحديث إلى أن الأصناف المستوردة (خاصة الأمريكية والأوروبية) قد صُممت لبيئات ذات رطوبة جوية عالية وإشعاع شمسي معتدل. عند زراعتها في العراق، تتعرض لـ الصدمة البيئية التي تؤدي إلى:

1. **شيخوخة مبكرة (Premature Senescence) مما يقلل عدد الحشات السنوية.**
2. **انخفاض القيمة البروتينية :نتيجة استهلاك الطاقة في عمليات الإصلاح الخلوي بدلاً من بناء البروتين.**

بالمقابل، الأصناف المحلية المختارة تمتاز بـ الكفاءة الأيضية، حيث توازن بين البقاء (Survival)والإنتاج(Production) ، مما يجعلها الخيار الاقتصادي الأضمن للمزارع في المناطق الملحية (الركابي، 2024)

أ- الانتخاب بمساعدة المعلمات الجزيئية – Marker-Assisted Selection) (MAS)

في المنهج الحديث للمحاصيل الحقلية العلفية، لم يعد الهدف مجرد زيادة الإنتاج الحيوي، بل تحقيق الاستقرار الوراثي تحت ظروف الإجهادات البيئية المتزايدة في العراق والمنطقة العربية. يُعد الانتخاب بمساعدة المعلمات الجزيئية-Marker) (Assisted Selection – MASالجسر الذي يربط بين التربية التقليدية والتقانة الحيوية، حيث يتم الانتخاب بناءً على التركيب الوراثي (Genotype) بدلاً من الاعتماد الكلي على التعبير المظهري (Phenotype) الذي يتأثر بشدة بالظروف البيئية المتباينة.

أولاً: الأسس المنهجية لتقنية MAS في المحاصيل العلفية

تعتمد هذه التقنية على تحديد ارتباط وثيق بين معلم جزيئي (DNA Marker) وبين الصفة الاقتصادية المرغوبة (مثل تحمل الملوحة أو الجفاف(في المحاصيل العلفية مثل الذرة البيضاء، تكمن الصعوبة في أن أغلب صفات العلف هي صفات كمية (Quantitative Traits)محكومة بعدد كبير من الجيناتQTLs) (

1 - اختصار الزمن الجيلي(Generation Acceleration)

في التربية التقليدية، قد يحتاج الباحث إلى 7-10 سنوات لإنتاج صنف مستقر. أما باستخدامMAS ، فيمكن إجراء الانتخاب المبكر في مرحلة البادرة (Seedling stage)وهذا يعني أننا لا نحتاج لانتظار النبات حتى يكتمل نموه أو يزهر لتقييم تحمله للملوحة، بل يتم فحص الحمض النووي وتحديد وجود الجين المستهدف فور الإنبات.

2 - الدقة في عزل التداخل البيئي

المعلمات الجزيئية لا تتأثر بالظروف الجوية أو تربة الحقل. عند العمل على أصناف حشيشة السودان المقاومة للجفاف، قد يعطي النبات مظهراً جيداً بسبب رية مطرية مفاجئة وليس بسبب كفاءته الوراثية، هنا يأتي دور الـ MAS ليؤكد وجود الجينات الحقيقية للتحمل بعيداً عن التمويه البيئي.

ثانياً: جينات التحمل وتطبيقاتها في البيئة العراقية (نموذج(HKT1;5

تشير المصادر العراقية، لاسيما بحوث جامعة المثنى وجامعة بغداد، إلى أن مشكلة الملوحة هي العائق الأكبر أمام استدامة المحاصيل العلفية.

جين نواقل الصوديوم(HKT1;5)

يُعد هذا الجين من أهم الأهداف في برامج التربية الحديثة. وظيفته تكمن في:

- **استبعاد الصوديوم :منع تراكم أيونات الصوديوم السامة في الأوراق الفتية (النصل الورقي) عن طريق سحبها من الأوعية الخشبية وتخزينها في خلايا غمد الحزمة بداخل الجذور أو السيقان السفلى.**
- **التوازن الأيوني :الحفاظ على نسبة عالية من البوتاسيوم مقابل الصوديوم (K^+/Na^+ ratio)، وهو ما يضمن استمرار العمليات الفسلجية والتركيب الضوئي في المحاصيل العلفية تحت ظروف الملوحة العالية التي تميز مناطق وسط وجنوب العراق.**

ثالثاً: تطبيقات MAS في تطوير الذرة البيضاء وحشيشة السودان

وفقاً للمنهج الحديث، يتم التركيز على دمج صفات الجودة مع صفات التحمل:

1 - تحسين محتوى البروتين وخفضHCN

في حشيشة السودان، يُستخدم الانتخاب الجزيئي لتحديد السلالات التي تمتلك محتوى منخفضاً من حامض الهيدروسيانيك (HCN) السام، خاصة في الحشات الأولى، مع الحفاظ على سرعة النمو والقدرة على المناغلة (Regrowth) بعد الحش.

2 - مقاومة الرقاد والسيقان السكرية

في الذرة البيضاء العلفية، يتم تتبع المعلمات المرتبطة بمتانة الساق ومحتوى الكربوهيدرات الذائبة. المعلمات الجزيئية تتيح للمربي نقل هذه الصفات من الأصناف البرية أو الأصناف المحلية المقاومة إلى الأصناف عالية الإنتاجية عبر التهجين الرجعي بمساعدة المعلمات-Marker ..

رابعاً: التحديات والآفاق المستقبيلة في الوطن العربي

رغم الثورة التي أحدثتها هذه التقنية، إلا أن تطبيقها في محاصيل العلف العربية يواجه تحديات منهجية نعمل على تجاوزها في المنهج الحديث:

1. التكلفة التشغيلية :توفير المختبرات المتخصصة والبوادئ (Primers) النوعية لكل محصول.
2. الخرائط الوراثية :الحاجة إلى خرائط وراثية تفصيلية للأصناف العراقية المحلية (مثل صنف إنقاذ أو كافير) لتعيين مواقع الصفات الكمية بدقة.
3. التكامل مع الفسلجة :كما ذكرنا سابقاً، لا ينفصل الجزيئي عن الفسلجي، فالمعلم الجزيئي يخبرنا بوجود الجين، والقياس الفسلجي (مثل كفاءة الكلوروفيل) يخبرنا بكفاءة تعبير هذا الجين ميدانياً.

نرى في المنهج الحديث إن الاعتماد على (MAS) في المحاصيل العلفية الحقلية هو الانتقال من تربية الصدفة إلى تربية التصميم. نحن اليوم نصمم الصنف العلفي ليكون متوافقاً مع ملوحة التربة أو جفاف الارض عبر قراءة شيفرته الوراثية قبل زراعته في الحقل.

ب- تقنية تحرير الجينات(CRISPR/Cas9))

في دراسات المحاصيل الحقلية العلفية، لاسيما النجيلية منها كـ الذرة البيضاء وحشيشة السودان، يبرز اللكنين (Lignin) كعائق أساسي أمام الكفاءة الهضمية للحيوان. ورغم أهمية اللكنين في توفير الدعامة الميكانيكية للنبات ومقاومة الرقاد، إلا أن زيادة تعقيده بتقدم عمر النبات تؤدي إلى انخفاض حاد في القيمة الغذائية. هنا تبرز تقنية (CRISPR/Cas9)كأداة ثورية لتجاوز هذا التعارض الفسلجي.

فلسفة التقنية وآلية العمل(CRISPR/Cas9)

تُمثل هذه التقنية قمة التطور في التحسين الوراثي، حيث تُستخدم لتعطيل أو إسكات الجينات المسؤولة عن بناء اللكنين المعقد في سيقان النجيليات العلفية. بخلاف تقنيات

الهندسة الوراثية التقليدية التي تعتمد على إدخال جينات غريبة، تعمل تقنية كريسبر كـ مقص جزيئي عالي الدقة يستهدف تسلسلات محددة داخل الحمض النووي للنبات نفسه.

1 - الإسكات الجيني الموجه(Targeted Gene Silencing)

يتم توجيه إنزيم (Cas9) بواسطة مرشد (guide RNA) إلى جينات معينة، مثل جين (Caffeic acid O-methyltransferase - COMT)المسؤول عن الخطوات النهائية في تخليق اللكنين. عند تعطيل هذا الجين، يتغير التركيب الكيميائي للكنين ويصبح أقل تعقيداً وأسهل في التحلل بواسطة ميكروبات الكرش.

2 - الدقة والسرعة في الإنجاز

هذا التعديل الدقيق ينتج محاصيل ذات جدر خلوية أقل تعقيداً، مما يرفع من معامل الهضم (Digestibility) بنسب كبيرة دون المساس بالنمو الطبيعي للنبات (ياسين، 2023(وتكمن الميزة المنهجية هنا في أن النبات الناتج يُصنف غالباً كـ غير معدل وراثياً (Non-GMO) في العديد من التشريعات، لأنه لا يحتوي على DNA غريب، بل هو تحرير للمحتوى الداخلي.

التأثير الفسلجي والكيميائي لتحرير اللكنين

في منهجنا الحديث، نركز على الكيفية التي يؤثر بها تقليل اللكنين على كيمياء النبات العلفي:

1 - تحسين معامل الهضم - In Vitro Dry Matter Digestibility) IVDMD)

عند تقليل ارتباط اللكنين بالهيميسليلوز والسليلوز، تصبح الروابط الكيميائية داخل الجدار الخلوي أكثر عرضة للإنزيمات الهاضمة. تشير الدراسات في العراق والوطن العربي إلى أن خفض اللكنين بنسبة بسيطة (مثلاً 5-10%) قد يؤدي إلى تحسن في إنتاج الحليب أو اللحم لدى المجترات بنسبة تصل إلى 15-20%، بسبب زيادة الطاقة المتاحة من الألياف.

التوازن بين القوة البنيوية والقيمة الغذائية

أحد أكبر مخاوف المربين هو أن يؤدي تقليل اللكنين إلى الرقاد)Lodging) إلا أن التقنيات الحديثة (CRISPR) تتيح لنا استهداف اللكنين في أنسجة معينة (مثل نسيج الخشب في الساق) أو في مراحل نمو محددة، مما يحافظ على صلابة الساق المطلوبة لمقاومة الرياح مع تحسين جودة الأوراق والأجزاء القابلة للهضم.

تطبيقات CRISPR في تطوير الذرة البيضاء وحشيشة السودان

تعتبر الذرة البيضاء (Sorghum bicolor)نموذجاً مثالياً لهذه التقنية نظراً لامتلاكها طفرات طبيعية تُعرف بـBrown Midrib - bmr) (

1. محاكاة طفرة العرق الوسطي البني :(bmr) باستخدام كريسبر، يمكن للباحثين تخليق طفرة bmr في الأصناف العراقية المحلية المتأقلمة، مما ينتج نباتات ذات عرق وسطي بني (دليل على قلة اللكنين) مع الحفاظ على صفات التحمل المحلية للملوحة والجفاف.

2. تحسين جودة السيلاج :في حشيشة السودان، يساهم تقليل اللكنين المعقد في تحسين عملية التخمر داخل السيلاج، حيث تزداد سرعة تحلل السكريات وتنتج أحماض عضوية (مثل اللاكتيك) ترفع من جودة العلف المحفوظ.

البعد المنهجي في البحوث العلمية

إن التوجه نحو الزراعة الجزيئية الدقيقة يتطلب:

- **تكامل التخصصات :الربط بين تربية النبات المتقدم لفهم الجينات، وكيمياء النبات لتحليل التغيرات في الجدار الخلوي.**
- **الاستدامة البيئية :إنتاج أعلاف عالية الهضم يعني تقليل انبعاثات الميثان من الحيوانات، مما يربط المنهج الحديث للمحاصيل العلفية بقضايا التغير المناخي العالمي.**

الخلاصة إن تقنية تحرير الجينات ليست مجرد أداة مختبرية، بل هي ثورة إنتاجية في مجال المحاصيل العلفية الحقلية. إنها تمكننا من إعادة صياغة المحصول ليتناسب مع المتطلبات الغذائية للثروة الحيوانية في العراق، مع تجاوز العقبات الوراثية التي وقفت التربية التقليدية عاجزة أمامها لعقود

تربية الأصناف متعددة الأغراض (Dual-purpose Crops)

في ظل التحديات المناخية وشح الموارد المائية في العراق والوطن العربي، لم يعد التخصص الأحادي للمحصول كافياً لتحقيق الأمن الغذائي. لذا، استجابةً للمتطلبات الاقتصادية في العراق، اتجهت برامج التربية نحو تطوير أصناف من الشعير والذرة البيضاء تمتاز بقدرة عالية على التعافي بعد الحش المبكر لاستخدامها كعلف أخضر، ثم تركها لتكمل دورة حياتها لإنتاج الحبوب. يمثل هذا التوجه ذروة الاستغلال الأمثل لوحدة المساحة والزمن.

أولاً: الأسس الوراثية والفسلجية لصفة التعافي(Regrowth Capacity)

تعد صفة القدرة على التعافي بعد الحش (Regrowth) معقدة وراثياً، حيث ترتبط بآليات فسلجية دقيقة يجب على المربي إدراكها عند انتخاب السلالات الواعدة.

1 - دور القمة النامية(Apical Meristem)

في المنهج الحديث، يُشترط في الأصناف ثنائية الغرض أن تكون قممها النامية محمية أو تحت مستوى سطح التربة عند إجراء الحشة الأولى (المبكرة(إن الحفاظ على سلامة المرستيم القمي يضمن استمرار الانقسام الخلوي السريع وإعادة تكوين الأوراق دون الحاجة لتخليق براعم قاعدية جديدة من الصفر، مما يختصر الزمن اللازم للتعافي.

2 - الكربوهيدرات المخزنة(Non-structural Carbohydrates)

تعتمد سرعة نمو العلف بعد الحش بشكل كلي على مخزون السكريات غير التركيبية في قواعد السيقان والجذور. الأصناف المتفوقة هي التي تملك القدرة على تخزين الفائض

من نواتج التمثيل الضوئي في مراحل النمو الأولى لتكون بمثابة بنك طاقة يُسحب منه فور فقدان المسطح الأخضر نتيجة الحش.

ثانياً: استراتيجيات التربية والتحسين الوراثي في البيئة العراقية

هذه الأصناف تتطلب تحسيناً وراثياً خاصاً لزيادة سرعة إعادة بناء المسطح الأخضر وتوزيع نواتج التمثيل الضوئي بكفاءة (الخفاجي، 2021(ويتم ذلك عبر محاور منهجية:

1 - انتخاب صفة المناغلة(Tillering Ability)

في الذرة البيضاء والشعير، يتم التركيز على السلالات ذات القدرة العالية على التفرع القاعدي. التفرعات الكثيرة لا تعني محصول علف أوفر فحسب، بل تضمن أيضاً تعدد المصبات (Sinks) التي ستحمل السنابل أو العناقيد الزهرية لاحقاً، مما يعوض النقص في وزن الحبة الفردية الناتج عن الحش.

2 - كفاءة المصدر والمصب(Source-Sink Relationship)

تعد هذه النقطة جوهر المنهج الحديث، فالمحصول ثنائي الغرض يواجه تحدي إعادة توزيع المادة الجافة. بعد الحشة الأولى، يجب أن يمتلك النبات مرونة فسلجية تجعله يحول مسار النواتج الأيضية من النمو الخضري الكثيف إلى التطور الثمري (الحبوب) بسرعة وكفاءة، لضمان عدم تأخر موعد النضج النهائي.

ثالثاً: التطبيق الميداني (الشعير والذرة البيضاء نموذجاً)

1 - الشعير(Hordeum vulgare)

في العراق، يُزرع الشعير ثنائي الغرض لتوفير العلف الأخضر في فجوة الشتاء (كانون الثاني وشباط(الأصناف المطورة حديثاً تمتاز بقصر الفترة بين الحشة وموعد الاستطالة، مما يقلل من تأثير الحش على طول النبات النهائي ووزن الـ 1000 حبة.

2 - الذرة البيضاء(Sorghum bicolor)

تمتاز الأصناف المطورة محلياً بقدرة استثنائية على تحمل الحش المتكرر. المنهج الحديث يركز هنا على تقليل محتوى اللكنين في السيقان الناتجة بعد الحش لضمان بقائها طرية ومستساغة، مع الحفاظ على كفاءة التمثيل الضوئي في الأوراق العليا (ورقة العلم) لضمان امتلاء الحبوب في العناقيد الزهرية.

رابعاً: معايير الإدارة المنهجية لتعظيم الإنتاجية

لا يكتمل التحسين الوراثي دون حزمة إدارية تتوافق مع التغيير الوراثي، وتشمل:

- **التوقيت الحرج :تحديد موعد الحش بدقة (غالباً عند ارتفاع 20-30 سم) لضمان عدم قطع القمة النامية.**
- **التعويض الغذائي :إضافة جرعة سمادية نتروجينية فور الحش لتحفيز بناء الكلوروفيل وتنشيط البراعم القاعدية.**
- **إدارة المياه :المحافظة على رطوبة التربة حول منطقة التاج (Crown area) لتسهيل خروج التفرعات الجديدة.**

الخلاصة والرؤية المستقبلية

إن تربية الأصناف ثنائية الغرض هي الحل الأمثل للمزارع العراقي والعربي، حيث توفر دخلاً مزدوجاً (لحم/حليب من العلف، ودقيق/مركزات من الحبوب(إن الانتقال من التربية التقليدية إلى التربية الجزيئية والفسلجية المعمقة، كما هو موضح في الدراسات المتقدمة في جامعة المثنى، سيؤدي إلى استنباط أصناف قادرة على العطاء تحت أقسى الظروف البيئية دون التضحية بأي من الغرضين.

في محاصيل مثل الذرة العلفية والذرة البيضاء العلفية (سورغم العلف سابقاً)، يتم إنتاج هجن تمتاز بظاهرة قوة الهجين، والتي تتجلى في مجموع جذري أعمق وسيقان أغلظ ومساحة ورقية (LAI) أكبر. يعتمد نجاح هذه الهجن في بيئة الفرات الأوسط على مدى قدرتها على الحفاظ على استقرارها الوراثي تحت درجات الحرارة المرتفعة التي قد تسبب إجهاضاً لحبوب اللقاح في الأصناف الحساسة (المنصوري، 2023(

أولاً: المرتكزات الوراثية والفسلجية لقوة الهجين(Heterosis)

تُعرف قوة الهجين وراثياً بأنها تفوق الهجين الناتج من تضريب سلالتين نقيتين أو أكثر على أفضل الأبوين)Better Parent Heterosis) وفي سياق المنهج الحديث للمحاصيل العلفية، لا يُنظر إلى هذا التفوق كزيادة عددية فحسب، بل ككفاءة فسيولوجية متكاملة تشمل:

1 - التفوق المورفولوجي والجذري

تنعكس قوة الهجين بشكل مباشر على بنية النبات. الهجن المطورة تمتاز بـ:

- **المجموع الجذري العميق :القدرة على اختراق طبقات التربة الصماء للوصول إلى الرطوبة الأرضية، وهو ما يعد صمام أمان في مناطق الفرات الأوسط (المثنى، القادسية، النجف(**
- **غلظ السيقان :ترتبط هذه الصفة بزيادة سعة الأنسجة الناقلة (الخشب واللحاء)، مما يسهل نقل نواتج التمثيل الضوئي والماء تحت ظروف النتح العالي.**
- **دليل المساحة الورقية :(LAI) الوصول إلى أقصى تعريض ورقي في وقت قياسي، مما يرفع من كفاءة اعتراض الإشعاع الشمسي (Light Interception) وتحويله إلى مادة جافة علفية.**

ثانياً: تحديات بيئة الفرات الأوسط وظاهرة إجهاض اللقاح

تعتبر درجات الحرارة التي تتجاوز 40°C في مناطق وسط وجنوب العراق خلال موسم النمو الصيفي اختباراً حقيقياً للاستقرار الوراثي للهجن العلفية.

1 - الميكانيكية الفسلجية للإجهاض(Pollen Abortion)

في الأصناف الحساسة، تسبب الحرارة المرتفعة جفافاً كيميائياً وحيوياً لحبوب اللقاح قبل وصولها إلى المياسم، أو تؤدي إلى فشل في نمو أنبوبة اللقاح. يشير المنهج الحديث إلى أن الهجن المتفوقة تمتلك بروتينات الصدمة الحرارية (Heat Shock Proteins - HSPs) التي تحمي الأنزيمات الحيوية داخل حبوب اللقاح من المسخ (Denaturation)

2 - التزامن الزهري(Anthesis-Silking Interval - ASI)

في الذرة العلفية، تبرز قوة الهجين في تقليل الفترة الزمنية بين بروز العرانيس (Silking)ونثر اللقاح)Tassel shedding) كلما قل هذا الفارق الزمني تحت ضغط الحرارة، زادت فرصة الإخصاب الكامل وتكوين العرانيس الممتلئة، مما يرفع من القيمة الغذائية للعلف الناتج (نسبة الحبوب إلى القش)

ثالثاً: كفاءة التمثيل الضوئي وتوزيع المادة الجافة

في دراسات كيمياء النبات المتقدمة، يُلاحظ أن الهجن تمتاز بكفاءة أعلى في استغلال النتروجين وتحويله إلى بروتين حقيقي بدلاً من تراكم النترات السامة.

1. المصدر والمصب :(Source-Sink Relationship) تمتلك هجن الذرة البيضاء وحشيشة السودان قدرة فائقة على توجيه الكربوهيدرات نحو السيقان (لرفع السكرية) ونحو الأوراق (لرفع البروتين) بالتزامن، وهو ما يصعب تحقيقه في السلالات النقية.
2. الاستقرار الكيميائي :الحفاظ على كفاءة أنزيم (Rubisco) المسؤول عن تثبيت الكربون تحت ظروف الإجهاد الحراري، وهو ما يفسر بقاء أوراق الهجن خضراء لفترة أطول (صفةStay-green)

رابعاً: استراتيجيات التربية لإنتاج الهجن في العراق

وفقاً لبحوث جامعة المثنى (المنصوري، 2023)، يتم اتباع منهجية صارمة لإنتاج هجن مستقرة:

- اختبار القدرة على الائتلاف (Combining Ability): اختيار الأباء التي تظهر توافقاً وراثياً عالياً تحت ظروف الملوحة والحرارة.
- استخدام العقم الذكري السيتوبلازمي (CMS): لتسهيل إنتاج البذور الهجينة على نطاق تجاري وبأقل التكاليف، لضمان وصول بذور الهجن المحلية للمزارع بأسعار تنافس المستورد.

الخلاصة والتوصيات المنهجية

إن استغلال قوة الهجين في النجيليات العلفية ليس مجرد وسيلة لزيادة المحصول، بل هو استراتيجية دفاعية لمواجهة التغيرات المناخية الحادة في العراق. إن الهجين المتفوق هو الذي يجمع بين البناء المورفولوجي القوي والحماية الفسلجية للأعضاء التكاثرية، مما يضمن استمرارية إنتاج العلف الأخضر والحبوب حتى في ذروة الصيف العراقي.

الحفاظ على الأصول الوراثية (Germplasm Conservation)

بناءً على بروتوكول العمل الأكاديمي المعتمد في المنهج الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية، وبالاستناد إلى الرؤية العلمية الرصينة لباحثي جامعة المثنى وكليات الزراعة العراقية، أضع بين يديك هذا التوسع المنهجي حول صيانة الموارد الوراثية العلفية:

الحفاظ على الأصول الوراثية (Germplasm Conservation): المستودع الاستراتيجي لمستقبل الأعلاف

تزخر البادية العراقية بسلالات برية من البقوليات والنجيليات العلفية التي تمتلك جينات نادرة للتحمل. يؤكد الباحثون في جامعة المثنى على ضرورة التوصيف الجزيئي لهذه الأصول الوراثية وحفظها في بنوك الجينات الوطنية، كونها تمثل المادة الخام لأي برنامج تربية مستقبلي يهدف لتحقيق الأمن العلفي في ظل التغيرات المناخية العالمية (الركابي، 2024)

أولاً: الأهمية الاستراتيجية للأصول الوراثية في البادية العراقية

تعتبر البادية العراقية مختبراً طبيعياً مفتوحاً، حيث تعرضت السلالات البرية فيها لآلاف السنين من الانتقاء الطبيعي تحت ظروف قاسية من الجفاف والملوحة والتذبذب الحراري. لذا لا نعتبر هذه النباتات مجرد أعشاب برية، بل هي حقائب جينية (Genetic Packages) تحتوي على مفاتيح البقاء.

1 - التنوع الحيوي في البقوليات البرية

تعد البقوليات البرية (مثل أنواع *Medicago* و*Trifolium* البرية) مصدراً لا يثمن لجينات تثبيت النتروجين بكفاءة عالية تحت ظروف الترب الكلسية والملحية التي تميز العراق، وهو ما يقلل الاعتماد على الأسمدة الكيماوية في المستقبل.

2 - النجيليات البرية وجينات الصلابة

تمتلك أصناف الذرة البيضاء البرية وحشيشة السودان وسلالات من الشعير البري (*Hordeum spontaneum*) جينات لمقاومة الآفات والأمراض، فضلاً عن قدرتها الفائقة على الدخول في طور السكون عند اشتداد الجفاف، وهي صفات فقدتها العديد من الأصناف التجارية بسبب التركيز على الإنتاجية العالية فقط.

ثانياً: المنهجية الحديثة في التوصيف الجزيئي (Molecular Characterization)

لم يعد الوصف المظهري كافياً لتصنيف الأصول الوراثية، فالاختلافات الطفيفة في الشكل قد لا تعكس التباين الوراثي الحقيقي. لذا، يؤكد منهجنا على:

1 - البصمة الوراثية (DNA Fingerprinting)

استخدام معلمات الحامض النووي (مثل SSR و SNPs) لتحديد الهوية الوراثية لكل سلالة برية. هذا التوصيف يضمن لنا عدم تكرار حفظ العينات المتشابهة وراثياً، ويسهل اكتشاف الجينات النادرة المرتبطة بصفات نوعية مثل نسبة البروتين العالية أو انخفاض المواد المضادة للتغذية.

2 - التقييم الفسلجي تحت الإجهاد(Physiological Phenotyping)

بالتوازي مع التوصيف الجزيئي، يتم إخضاع هذه الأصول لاختبارات فسلجية دقيقة (مثل قياس ثباتية الأغشية الخلوية وكفاءة الفلورة الكلوروفيلية) تحت ظروف إجهاد مسيطر عليها، لربط المعطيات الجزيئية بالأداء الميداني الحقيقي.

ثالثاً: آليات الحفظ(In-situ & Ex-situ Conservation)

يشير المنهج الحديث إلى ضرورة اتباع استراتيجية مزدوجة لحماية هذه الثروة الوطنية:

1 - الحفظ داخل الموقع(In-situ)

عبر إنشاء محميات وراثية في مناطق مختارة من البادية، مما يسمح للسلالات البرية بالاستمرار في التطور الطبيعي والتكيف مع التغيرات المناخية الجارية، وهو ما يحافظ على ديناميكية التنوع الوراثي.

2 - بنوك الجينات الوطنية(Ex-situ)

حفظ البذور في ظروف تبريد ورطوبة محكمة (بنوك البذور) يؤكد الباحثون أن هذه البنوك ليست مجرد مخازن، بل هي مراكز بحثية تقوم بـ تجديد الحيوية للبذور دورياً ودراسة تفاعلها مع البيئة.

رابعاً: الأصول الوراثية كقاعدة لبرامج التربية المستقبلية

تمثل هذه الأصول المادة الخام التي يمكن من خلالها:

- نقل جينات التحمل :عبر التهجين بين الأصناف التجارية عالية الإنتاج والأصول البرية عالية التحمل.
- استنباط أصناف جديدة :تلبي حاجة العراق لمحاصيل علفية تتوافق مع المنهج الحديث في الإنتاج المكثف تحت ظروف الندرة المائية.

• **الأمن الحيوي :توفير بدائل وراثية في حال ظهور سلالات جديدة من الأمراض أو الحشرات قد تفتك بالأصناف التجارية الحالية.**

الخلاصة والرؤية المنهجية

تعد صيانة الأصول الوراثية بالعراق قضية أمن قومي علفي؛ فجهود الباحثين وتوصياتهم تضعنا أمام مسؤولية تحويل تلك الثروة البرية لأصناف علفية متطورة تضمن استدامة الثروة الحيوانية .إن الحفاظ على جينات البادية الثمينة هو استثمار حقيقي للأجيال القادمة.

الإغناء الحيوي والتمثيل المعدني في المحاصيل العلفية:

استراتيجيات تحسين القيمة الغذائية من الإنتاج الكمي إلى الجودة النوعية

نؤكد في كتابنا المنهج الحديث للمحاصيل الحقلية العلفية على ان معيار نجاح الصنف لم يعد مقتصراً على كمية المادة الجافة المنتجَة للهكتار الواحد، بل امتد ليشمل كثافة المغذيات)Nutrient Density) يُعرف الإغناء الحيوي (Biofortification) بأنه عملية رفع تركيز العناصر المعدنية الصغرى والفيتامينات في الأجزاء القابلة للأكل من النبات (الأوراق والسيقان في حالة العلف) عبر التربية التقليدية، أو الهندسة الوراثية، أو الممارسات الزراعية. في بيئة العراق، يكتسب هذا الموضوع أهمية استثنائية نظراً لفقر الترب الكلسية في جاهزية العناصر الصغرى، مما ينعكس سلباً على صحة وإنتاجية الثروة الحيوانية (الزبيدي، 2024.)

المرتكزات الفسلجية والكيميائية للإغناء الحيوي

يعتمد محتوى المحصول العلفي من المعادن على سلسلة من العمليات الفسلجية المعقدة التي تبدأ من محلول التربة وتنتهي بالتراكم في الفجوات الخلوية للأوراق.

1 - كفاءة الامتصاص والنقل(Uptake and Translocation)

في محاصيل مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان، تواجه الجذور تحدي الـ pH المرتفع في الترب العراقية، والذي يؤدي إلى تثبيت عناصر مثل الزنك (Zn) والحديد (Fe)تبرز الأصناف المتفوقة فسلجياً بقدرتها على إفراز السايدروفورات (Siderophores)أو الأحماض العضوية التي تذيب هذه العناصر وتسهل امتصاصها.

2 - التوزيع النوعي داخل النبات(Source-to-Sink Partitioning)

تعد كيمياء النبات المتقدمة مفتاحاً لفهم كيفية انتقال المعادن من الجذور إلى الأجزاء الخضرية. الأصناف المختارة للإغناء الحيوي هي التي تمتلك بروتينات ناقلة (Transporters)نشطة تمنع احتجاز المعادن في الجذور وتدفع بها نحو المصب العلفي (النصل الورقي)، حيث تشتد الحاجة إليها في تغذية الحيوان.

استراتيجيات التربية والتحسين الوراثي (Genetic Biofortification)

تؤكد البحوث المختصة أن التباين الوراثي بين سلالات الذرة البيضاء فيما يخص محتوى العناصر هو المادة الخام لبرامج الإغناء.

كاستخدام المعلمات الجزيئية (MAS) في الإغناء

بدلاً من التحليل الكيميائي المكلف لكل عينة، يتم استخدام MAS لتحديد المواقع الوراثية (QTLs) المرتبطة بتركيز العناصر الصغرى. هذا يسمح لمربي المحاصيل العلفية بانتخاب السلالات التي تمتلك جينات التراكم المعدني منذ المراحل الأولى للنمو، مما يسرع من عملية استنباط أصناف علفية مغناة حيوياً تتناسب مع البيئة العراقية.

استخدام الربط بين صفة Stay-green والإغناء الحيوي

أثبتت الدراسات أن الأصناف التي تتمتع بصفة البقاء خضراء تمتلك كفاءة أعلى في الاستمرار بامتصاص ونقل المعادن حتى مراحل النضج المتأخرة، مما يجعل العلف الناتج منها (القش أو السيلاج) ذا قيمة غذائية مرتفعة مقارنة بالأصناف التي تعاني من الشيخوخة المبكرة (الخفاجي، 2023)

كيمياء المواد المضادة للتغذية والتوازن المعدني

أحد أهم محاور المنهج الحديث هو دراسة العلاقة بين المعادن ومركبات الفايتات (Phytates)والأوكسالات الموجودة طبيعياً في المحاصيل العلفية.

1. **مشكلة الفايتات :تعمل هذه المركبات كمخزن للفوسفور في النبات، لكنها في نفس الوقت ترتبط بالزنك والحديد وتمنع امتصاصهما في أمعاء الحيوان (الجوع المخفي)**
2. **الحل المنهجي :تهدف برامج التربية الحديثة في العراق إلى تقليل محتوى حامض الفايتيك في أنسجة الذرة البيضاء أو زيادة إنزيم الفايتيز (Phytase) النباتي، مما يرفع من الجاهزية الحيوية (Bioavailability) للمعادن الموجودة في العلف.**

التداخل بين الإغناء الحيوي والإجهادات البيئية

في الفرات الأوسط، لا يمكن فصل الإغناء الحيوي عن تحمل الملوحة والجفاف.

- **الزنك كعامل وقاية :يعمل عنصر الزنك كمنشط لإنزيمات مضادات الأكسدة (مثل SOD)الأصناف المغناة بالزنك تظهر تحملاً أعلى للملوحة لأن الزنك يحمي الأغشية الخلوية من التمزق الناتج عن الإجهاد التأكسدي.**
- **الحديد وكفاءة التمثيل الضوئي :يرتبط الحديد مباشرة ببناء الكلوروفيل، لذا فإن المحاصيل العلفية المغناة بالحديد تحافظ على كفاءة تمثيل ضوئي عالية تحت ظروف الحرارة المرتفعة، مما يضمن استمرار النمو الخضري (ياسين، 2024)**

الأثر الاقتصادي والإنتاجي في العراق والوطن العربي

يمثل الإغناء الحيوي ثورة اقتصادية صامتة في قطاع الإنتاج الحيواني:

1. خسارة الوزن والإنتاجية :الأعلاف الفقيرة بالمعادن تؤدي إلى ضعف الخصوبة وتأخر النمو في الماشية. توفير أصناف علفية متكاملة يقلل من الحاجة للمركزات المعدنية المستوردة الباهظة الثمن.
2. الاستدامة البيئية :المحاصيل ذات الكفاءة العالية في استخلاص المعادن من التربة تساهم في تقليل التلوث الناتج عن الإسراف في التسميد المعدني الأرضي

تحديات الإغناء الحيوي في النجيليات العلفية

رغم المزايا، هناك تحديات منهجية يعمل الباحثون العراقيون على حلها:

- **العلاقة العكسية :أحياناً توجد علاقة عكسية بين كمية الحاصل و تركيز العناصر (Dilution Effect)المنهج الحديث يسعى لكسر هذا الارتباط عبر تحسين كفاءة الجذر الامتصاصية بدلاً من مجرد زيادة الكتلة الخضرية.**
- **القبول الميداني :ضمان أن الأصناف المغناة حيوياً تمتلك نفس صفات المقاومة للآفات والرقاد التي يفضلها المزارع العراقي.**

الخلاصة: الرؤية المستقبلية للمرجع الحديث

إن الإغناء الحيوي في المحاصيل العلفية الحقلية هو الجيل القادم من التحسين الوراثي. إنه يمثل الانتقال من فلسفة ملء البطون إلى تغذية الخلايا. من خلال دمج تقنيات MASوكيمياء النبات المتقدمة، يمكن للعراق أن يستنبط أصنافاً من الذرة البيضاء وحشيشة السودان لا تكتفي بإنتاج العلف، بل تنتج صيدلية طبيعية متكاملة للثروة الحيوانية، مما يعزز الأمن الغذائي القومي من جذوره.

الأمن العلفي المستدام

إن تحقيق أمن علفي مستدام في ظل التغيرات المناخية يتطلب تكاملاً بين اختيار الأصناف ذات الكفاءة الاستخدامية العالية للمياه وبين تقنيات الحفظ المتطورة التي تضمن تقليل الفقد بعد الحصاد، ليكون المنتج النهائي قادراً على تلبية احتياجات الثروة الحيوانية طوال العام (سلطان، 2025)

إن تحقيق أمن علفي مستدام في ظل التغيرات المناخية يتطلب تكاملاً بين اختيار الأصناف ذات الكفاءة الاستخدامية العالية للمياه وبين تقنيات الحفظ المتطورة التي تضمن تقليل الفقد بعد الحصاد، ليكون المنتج النهائي قادراً على تلبية احتياجات الثروة الحيوانية طوال العام (سلطان، 2025)

أولاً: الكفاءة الاستخدامية للمياه (Water Use Efficiency - WUE)

في ظل العجز المائي الذي يواجه حوضي دجلة والفرات، يركز المنهج الحديث على البعد الفسلجي لكفاءة استخدام المياه كحجر زاوية للأمن العلفي.

1 - الآليات الفسلجية للتوفير المائي

تُعرف WUE بأنها كمية المادة الجافة المنتجَة لكل وحدة مائية مستهلكة. في محاصيل مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان، يتم الانتخاب لصالح الأصناف التي تمتلك:

- **نظام التوصيل الهيدروليكي المحكم: القدرة على غلق الثغور جزئياً خلال ساعات الذروة الحرارية دون توقف عملية التمثيل الضوئي (آلية C4(**
- **الالتفاف الورقي (Leaf Rolling): كآلية دفاعية لتقليل المساحة المعرضة للنتح، وهو ما يحافظ على المحتوى المائي النسبي (RWC) داخل الأنسجة.**

2 - الكفاءة الجزيئية وتحمل الجفاف

تؤكد الدراسات الحديثة في جامعة المثنى على دور جينات الأكوابورينات (Aquaporins) التي تنظم حركة الماء عبر الأغشية الخلوية. إن تطوير أصناف علفية تمتلك كفاءة استخدامية عالية يعني إمكانية توسيع المساحات المزروعة في بادية السماوة والمناطق شبه الصحراوية باستخدام مياه الآبار أو الري التكميلي.

ثانياً: تقنيات الحفظ المتطورة وتقليل الفقد

لا تكتمل دائرة الأمن العلفي إلا بضمان جودة المنتج بعد الحصاد. إن الفقد في المادة الجافة والقيمة البروتينية أثناء التجفيف التقليدي يمثل هدراً اقتصادياً كبيراً.

1 - تقنية السيلاج المطور (Advanced Silage)

تعتبر الحفظ بالسيلاج (التخمير اللاهوائي) التقنية الأكثر استدامة لضمان توفر العلف طوال العام. يشمل المنهج الحديث استخدام المطاعيم البكتيرية (Inoculants) التي تسرع من خفض الأس الهيدروجيني (pH)، مما يمنع نمو الأعفان ويحافظ على الطاقة الكامنة في العلف الأخضر.

2 - الحفظ بالبالات المغلفة (Wrapped Bales)

كبديل للسيلاج التقليدي (الخنادق)، تتيح هذه التقنية حفظ الذرة البيضاء وحشيشة السودان برطوبة مثالية وفقد لا يتجاوز 5%، مقارنة بالفقد في التجفيف الهوائي الذي قد يصل إلى 30% نتيجة التكسر الميكانيكي للأوراق وتطايرها.

ثالثاً: التكامل بين الصنف والتقنية :

يربط سلطان (2025) بين جودة الصنف وطريقة حفظه، فالأصناف ذات السيقان السكرية (Sweet Stalks) هي الأكثر ملاءمة للسيلاج لتوفر الركيزة السكرية اللازمة لبكتيريا اللاكتيك.

1. المساواة الإنتاجية عبر المواسم: من خلال تقنيات الحفظ، نكسر موسمية إنتاج العلف، مما يحمي المربي من تقلبات الأسعار العالمية للأعلاف المركزة.
2. رفع القيمة الهضمية: الحفظ العلمي يحافظ على كيمياء النبات التي اشتغلنا على تحسينها وراثياً (مثل صفات اللكنين المنخفض)، مما يضمن أن ما تم تحسينه في المختبر يصل فعلياً إلى أمعاء الحيوان.

رابعاً: الاستدامة والأمن العلفي في العراق

وفقاً للجهود البحثية المختصة يتطلب الأمن العلفي المستدام:

- تطوير التقاويم الزراعية: لتتلاءم مع التغيرات في درجات الحرارة، وضمان حصاد العلف في العمر الفسيولوجي الأمثل الذي يوازن بين الحجم والقيمة الغذائية.
- الزراعة التعاقدية: ربط مزارعي المحاصيل العلفية بمصانع السيلاج الحديثة لضمان استمرارية الإنتاج وتقليل الهدر الميداني.

إنتاج البذور في محاصيل العلف (المشاكل والحلول)

فسيولوجيا تكوين البذور في نباتات العلف:

تعد عملية إنتاج البذور (Seed Production) في محاصيل العلف أعقد بكثير من إنتاج المادة الخضرية. فسيولوجياً، يتطلب الأمر تحول النبات من النمو الخضري إلى النمو التكاثري، وهو تحول تتحكم فيه عوامل هرمونية وبيئية دقيقة. في العراق، نواجه تحدي التنافس الأيضي، حيث يميل النبات بفعل الحرارة والتسميد النيتروجيني العالي إلى الاستمرار في إنتاج الأوراق على حساب الأزهار والبذور (ياسين، 2023)

أولاً: الفسلجة الجزيئية للتحول الزهري(Floral Induction)

يمثل الانتقال من الطور الخضري إلى الطور التكاثري نقطة حرجة في دورة حياة محاصيل العلف مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان.

1 - الإشارات الهرمونية والضوئية

يخضع هذا التحول لسيطرة جينات التزهير التي تستجيب للفترة الضوئية (Photoperiod) فسيولوجياً، يتم تخليق بروتين الفلوريجين (Florigen) في الأوراق وينتقل عبر اللحاء إلى القمة النامية المرستيمية ليحولها من إنتاج مبادئ الأوراق إلى إنتاج البراعم الزهرية. في البيئة العراقية، قد تؤدي الإضاءة الشديدة وارتفاع الحرارة إلى اضطراب في توقيت هذه الإشارات، مما يؤخر التزهير أو يجعله غير متزامن.

2 - التوازن الهرموني الداخلي

يلعب التوازن بين الجبريلينات (المحفزة للتزهير في بعض الظروف) والأوكسينات دوراً حاسماً. زيادة النتروجين تؤدي إلى رفع مستويات السايتوكاينينات التي تشجع النمو الخضري وتأخير الشيخوخة المبرمجة الضرورية للتحول نحو إنتاج البذور.

ثانياً: معضلة التنافس الأيضي(Source-Sink Competition)

تعد هذه النقطة جوهر ما ذكره ياسين (2023)، حيث يحدث صراع داخلي على نواتج التمثيل الضوئي (السكريات والأحماض الأمينية(

1 - أثر التسميد النتروجيني المفرط

في العراق، يميل المزارعون إلى التسميد النتروجيني العالي للحصول على نمو خضري غزير. كيميائياً، هذا يؤدي إلى استهلاك معظم الكربوهيدرات المصنعة في بناء الأحماض الأمينية والبروتينات الهيكلية للأوراق، مما يقلل من مخزون السكريات الذائبة اللازمة لدعم العناقيد الزهرية)Inflorescences) هذا التنافس يجعل المصب الخضري أقوى من المصب التكاثري.

2 - الإجهاد الحراري وإجهاض الأجنة

الحرارة العالية التي ترافق مرحلة تكوين البذور في العراق تزيد من معدلات التنفس (Respiration)، مما يستنزف المادة الجافة قبل وصولها إلى البذرة. فسيولوجياً، يؤدي ذلك إلى ضعف امتلاء البذور (Seed Filling) وظهور بذور ضامرة أو فارغة، وهو ما يمثل فشلاً في الكفاءة التنافسية للمصب الثمري.

ثالثاً: كيمياء تكوين البذور وتراكم المخزون الغذائي

تكوين البذرة في المحاصيل العلفية النجيلية يمر بمراحل فسيولوجية دقيقة تتأثر بالكيمياء الحيوية للنبات:

1. مرحلة التطور الجنيني :تتطلب تدفقاً عالياً للهرمونات المنشطة للانقسام.
2. مرحلة التراكم :(Seed Filling) هنا يتحول النبات إلى معمل لتحويل السكريات البسيطة إلى نشا وبروتينات مخزنة. في الذرة البيضاء، تعتبر كفاءة النقل من الأوراق والسيقان إلى البذور هي العامل المحدد للإنتاجية.
3. مرحلة الجفاف الفسيولوجي :وهي المرحلة التي تنقطع فيها الصلة الوعائية بين النبات والبذرة، وتصل البذرة إلى أقصى وزن جاف لها.

رابعاً: استراتيجيات المنهج الحديث لمواجهة تحدي إنتاج البذور

وفقاً لبحوث جامعة المثنى، يتطلب إنتاج بذور عالية الجودة في محاصيل العلف الحقلية ما يلي:

- **الإجهاد المائي المسيطر عليه :أحياناً يتم اللجوء لتقليل الري جزئياً عند نهاية الطور الخضري لصدمة النبات فسيولوجياً ودبعه نحو التحول التكاثري (وهو ما يُعرف بكسر السيادة الخضرية(**
- **التوازن الغذائي :(P & K) التركيز على التسميد الفوسفاتي والبوتاسي في مرحلة ما قبل التزهير لموازنة أثر النتروجين العالي وتنشيط إنزيمات نقل السكريات نحو البذور.**
- **اختيار الموعد الزمني :برمجة الزراعة بحيث تقع مرحلة التلقيح والإخصاب في فترات حرارية معتدلة لتجنب فشل حيوية اللقاح.**

الخلاصة والمنظور المنهجي

إن إنتاج بذور المحاصيل العلفية في العراق يتطلب إدارة فسيولوجية بارعة تتجاوز مجرد التسميد والري. إن فهم التنافس الأيضي الذي أشار إليه ياسين (2023) يفرض علينا اختيار أصناف تمتلك مرونة فسلجية عالية في توزيع المادة الجافة، لضمان الحصول على بذور رصينة تمثل حجر الزاوية للأمن العلفي المستدام.

المشاكل الهيكلية والبيئية في إنتاج البذور

تواجه زراعة بذور الأعلاف في محافظة المثنى والسهل الرسوبي عوائق جوهرية:

1. **عدم التوافق الوراثي :(Incompatibility) في محاصيل كالجت، تعاني الكثير من الأصناف من العقم الذاتي، مما يجعلها تعتمد كلياً على التلقيح الخلطي.**
2. **الفجوة المناخية: غالباً ما يتصادف موعد تزهير البرسيم والجت مع هبوب رياح السموم الحارة في شهر أيار، مما يؤدي إلى جفاف المياسم وموت حيوية حبوب اللقاح(Pollen sterility)**
3. **نقص الملقحات الحيوية: نقص خلايا النحل والحشرات البرية المتخصصة في المناطق الصحراوية المفتوحة يقلل من نسب عقد الثمار بشكل حاد (البديري، 2023)**

أولاً: المعيقات الوراثية والبيولوجية (عدم التوافق والعقم الذاتي)

تعتبر مشكلة عدم التوافق الوراثي من أعقد التحديات الفسلجية في المحاصيل البقولية العلفية (مثل الجت(فسيولوجياً، يمتلك النبات آليات كيميائية حيوية تمنع حبة اللقاح من تلقيح ميسم الزهرة نفسها، وذلك لضمان التنوع الوراثي عبر التلقيح الخلطي.

1 - آلية المنع الفسلجي

في نبات الجت(*Medicago sativa*) ، توجد طبقة شمعية أو غشاء رقيق يغطي الميسم، لا ينكسر إلا بفعل قوة ميكانيكية (غالباً من الحشرات(في حال غياب هذه القوة أو وجود تضارب وراثي(Self-incompatibility alleles) ، تفشل أنبوبة اللقاح في اختراق أنسجة القلم، مما يؤدي إلى فشل الإخصاب وتكوين البذور رغم وفرة التزهير.

2 - التلقيح الخلطي الإجباري

هذا الاعتماد الكلي على التلقيح الخلطي يجعل إنتاج البذور في المثنى مرتبطاً بعوامل خارجية لا يسيطر عليها المربي دائماً، مما يتطلب استنباط أصناف تمتلك مرونة وراثية أعلى أو تحسين كفاءة آليات الانفجار الزهري(Tripping mechanism)

ثانياً: الفجوة المناخية وأثر الإجهاد الحراري على التكاثر

تمثل رياح السموم في شهر أيار تحدياً فسلجياً قاتلاً للأعضاء التكاثرية في محاصيل العلف الشتوية والربيعية.

1 - جفاف المياسم وعقم حبوب اللقاح

عندما ترتفع درجات الحرارة وتنخفض الرطوبة النسبية، تفقد المياسم الطبقة اللزجة الضرورية لاستقبال وتثبيت حبة اللقاح. فسيولوجياً، تسبب الحرارة المرتفعة (أعلى من (38°C اضطراباً في الأنزيمات المسؤولة عن تغذية حبوب اللقاح داخل المتك، مما يؤدي إلى ظاهرة العقم الحراري(Heat-induced Pollen Sterility)

2 - فشل العقد وتساقط الأزهار

تؤدي الرياح الحارة إلى زيادة معدل النتح في الأزهار الرقيقة، مما يحفز النبات على تكوين طبقة الانفصال (Abscission layer) في عنق الزهرة كآلية دفاعية لتقليل فقد الماء، مما يتسبب في تساقط الأزهار قبل العقد، وهو ما يفسر الانخفاض الحاد في حاصل البذور في المواسم الحارة.

ثالثاً: الأزمة البيئية للملقحات الحيوية في المناطق المفتوحة

وفقاً لما ذكره البديري (2023)، فإن غياب التكامل البيئي بين النبات والملقح يمثل فجوة هيكلية في إنتاج بذور الأعلاف في العراق.

1 - دور الحشرات المتخصصة

نباتات كالجت والبرسيم تتطلب حشرات ذات سلوك محدد لفتح الزهرة (مثل نحل العسل أو النحل الانفرادي(في بادية المثنى، وبسبب المساحات المفتوحة والاستخدام غير المدروس للمبيدات، تراجعت أعداد هذه الملقحات بشكل كبير.

2 - تداعيات النقص الحيوي

غياب النحل يعني بقاء الأزهار مغلقة دون تلقيح ميكانيكي، وهو ما يفسر ظاهرة التزهير الكاذب، حيث يزهر الحقل بغزارة ولكن عند الحصاد تكون القرنات فارغة أو ذات بذور قليلة جداً وضعيفة الحيوية.

رابعاً: الحلول المنهجية لتقليل أثر هذه المشاكل في السهل الرسوبي والبادية، يقترح المرجع الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية الاقتراحات التالية:

- **تعديل مواعد الزراعة :لضمان وقوع مرحلة التزهير في نيسان قبل اشتداد رياح أيار، أو اللجوء للحشة الأخيرة لإنتاج البذور في وقت مبكر.**
- **نظام التلقيح الصناعي (المناحل المتنقلة :(إلزام مزارعي البذور بتوفير خلايا نحل بنسب محددة (مثل 3 -5 خلايا للدونم) لضمان كثافة التلقيح.**

• الانتخاب الوراثي للتحمل الحراري :التركيز على سلالات تمتاز بمياسم مغمورة أو محمية وراثياً من الجفاف السريع.

الحلول التقنية والإدارية لتعظيم الحاصل البذري

تُمثل إدارة المحصول العلفي لغرض إنتاج البذور تحولاً استراتيجياً في العقلية الزراعية، حيث يتم الانتقال من تحفيز النمو الخضري الغزير إلى توجيه الطاقة الأيضية نحو البناء الثمري. إن النجاح في تأمين حاصل بذري مرتفع في بيئة العراق القاسية يتطلب تكاتفاً بين التلاعب الفسلجي بالنمو وبين الموازنة الكيميائية للمغذيات، جنباً إلى جنب مع التكامل البيئي مع الملقحات الحيوية. تهدف هذه الحلول التقنية إلى تذليل العقبات الوراثية والمناخية عبر خلق بيئة مثالية تُحاكي متطلبات الإخصاب الدقيقة، مما يضمن استدامة سلاسل التوريد المحلية للبذور الرصينة وتقليل الفجوة الاستيرادية.

على اثر ذلك نطرح الحلول التالية :

أولاً: الإجهاد المائي المسيطر عليه(Regulated Deficit Irrigation)

يُعد التلاعب بالرطوبة الأرضية أحد أقوى الأدوات الفسلجية لتغيير مسار نمو النبات.

• آلية بقاء النوع :يتم تقليل الري عند بداية التزهير لتحفيز النبات فسيولوجياً على التكاثر كآلية بقاء، مما يرفع عدد النورات الزهرية. هذا الإجهاد البسيط يرسل إشارات هرمونية (مثل زيادة حامض الأبسيسيك (ABA تُعلم النبات بقرب جفاف الوسط، فيسارع لتحويل نواتج التمثيل الضوئي من بناء الأوراق إلى بناء الأزهار والبذور لضمان استمرار نسله.
• السيطرة على السيادة القمية :يساعد تقليل الماء في كبح الجماح الخضري المفرط، مما يقلل من تظليل الأوراق لبعضها البعض ويسمح بمرور الضوء إلى المواقع الزهرية السفلى.

ثانياً: التوازن الغذائي والكيميائي(P, K & B)

تتطلب مرحلة التكاثر خارطة سمادية تختلف جذرياً عن مرحلة إنتاج العلف الأخضر، حيث يتم تقليل النيتروجين ورفع مستويات الفسفور والبوتاسيوم وعنصر البورون الضروري جداً لاستطالة أنبوب اللقاح ونجاح عملية الإخصاب (حمزة، 2021)

1. دور الفسفور والبوتاسيوم :يعمل الفسفور كمصدر للطاقة (ATP) اللازمة لعمليات الانقسام الخلوي السريع في البذور، بينما ينظم البوتاسيوم الضغط الأسموزي وحركة السكريات من الأوراق إلى البذور النامية.

2. أهمية عنصر البورون :(B) يُعد البورون العنصر الحاكم في نجاح الإخصاب، فبدونه لا تكتمل استطالة أنبوب اللقاح للوصول إلى البويضة، كما أنه يساهم في بناء الجدر الخلوية للبذور الجديدة ومنع تساقط الأزهار المبكر تحت ضغط الحرارة.

ثالثاً: الإدارة النحلية والتكامل الحيوي(Apiary Management)

نظراً لاعتماد المحاصيل البقولية العلفية (كالجت والبرسيم) على التلقيح الخلطي الإجباري، تصبح الإدارة النحلية جزءاً لا يتجزأ من العملية الإنتاجية.

- **الكثافة النحلية :وضع (3 -5) خلايا نحل لكل دونم من المحصول البقولي لضمان تغطية كاملة لعملية التلقيح. هذه الكثافة تضمن زيادة عدد الزيارات الزهرية، مما يرفع من نسب الانفجار الزهري (Tripping) الضروري لتحرير المياسم واستقبال حبوب اللقاح.**
- **التوقيت المكاني :يجب توزيع الخلايا بشكل هندسي يغطي كامل مساحة الحقل، مع مراعاة توفير مصادر مياه قريبة للنحل لضمان نشاطه في درجات الحرارة المرتفعة التي تميز بيئة المثنى والسهل الرسوبي.**

رابعاً: الأثر الاقتصادي والمنهجي لهذه الحلول

تطبيق هذه الحزمة التقنية والإدارية يؤدي إلى:

1. تعظيم القيمة المضافة :رفع حاصل البذور للدونم الواحد بنسبة قد تصل إلى 40-60% مقارنة بالزراعة التقليدية.

2. الجودة الوراثية :إنتاج بذور ذات حيوية عالية (High Vigor) وقدرة إنباتية مرتفعة، مما يسهل عملية تأسيس الحقول العلفية في المواسم اللاحقة.

3. الاستقرار البيئي :تعزيز التنوع الحيوي عبر دمج تربية النحل مع الإنتاج النباتي، وهو ما يتماشى مع معايير الزراعة المستدامة.

الخلاصة والتوصيات

إن الوصول إلى الاكتفاء الذاتي من بذور الأعلاف في العراق ليس مستحيلاً، ولكنه يتطلب إدارة ذكية تُدرك فسلجة النبات قبل ميكانيكية الزراعة. إن التوازن بين الإجهاد المائي الموجه، والتغذية المعدنية الدقيقة التي أشار إليها حمزة (2021)، وتفعيل دور الملقحات، يمثل المنهج الحديث لضمان أمن علفي يبدأ من البذرة وينتهي بالاستدامة الإنتاجية.

حصاد ومعالجة بذور الأعلاف

حصاد ومعالجة بذور الأعلاف: التقنيات الميدانية وطرق التنقية المتقدمة

نظراً لصغر حجم بذور الأعلاف (خاصة الجت)، فإن الفقد أثناء الحصاد الميكانيكي قد يصل إلى 30%. تشير الدراسات إلى ضرورة الحصاد في ساعات الصباح الباكر عند وجود الندى لتقليل تكسر القرون (Pods) وفقدان البذور. كما أن استخدام تقنيات الغربلة والفرز المغناطيسي يعد ضرورياً لتنقية بذور الجت من بذور الحامول الطفيلية (المنصوري، 2023)

أولاً: فسلجة نضج البذور وتوقيت الحصاد الحرجي

تعتبر مرحلة الحصاد في محاصيل العلف، ولا سيما البقولية منها، سباقاً مع الزمن ومع الظروف البيئية.

1 - معضلة الانفراط(Seed Shattering)

بما اننا ندرك أن بذور الجت والبرسيم تنضج بشكل غير متزامن داخل الحقل الواحد. عندما تصل القرنات إلى مرحلة الجفاف الكامل، تصبح هشة جداً وقابلة للانفجار عند أقل احتكاك ميكانيكي. لذا، فإن الحصاد في ساعات الصباح الباكر يعد إجراءً فسلجياً وميكانيكياً ذكياً، حيث يعمل الندى الصباحي على زيادة مرونة (Plasticity) جدران القرنات، مما يمنع تكسرها وتناثر البذور منها أثناء مرور الحاصدة أو أثناء عملية الحش اليدوي.

2 - الرطوبة النسبية وحيوية الجنين

الحصاد المبكر يحمي البذور من التأثير المباشر لأشعة الشمس الحارقة التي قد ترفع حرارة البذرة إلى مستويات تؤدي إلى مسخ البروتينات الجنينية وخفض نسبة الإنبات، كما أشار المنصوري (2023(

ثانياً: الفقد الميكانيكي وآليات المعالجة الميدانية

يتطلب الحصاد الميكانيكي لبذور العلف تعديلات خاصة في آلات الحصاد Combine) (Harvestersلتتلاءم مع الطبيعة الدقيقة للبذرة:

1. **سرعة الدراس :(Cylinder Speed) يجب خفض سرعة أسطوانة الدراس لتقليل الصدمات الميكانيكية التي قد تسبب تشققات مجهرية في غلاف البذرة، مما يعرضها للتلف أثناء التخزين.**
2. **ضبط الغرابيل والهواء :نظراً لخفة وزن بذور العلف، فإن تيار الهواء العالي قد يؤدي إلى قذف البذور مع القش إلى الخارج، مما يرفع نسبة الفقد التي قد تصل إلى 30% إذا لم تكن المعايرة دقيقة جداً.**

ثالثاً: تكنولوجيا التنقية والفرز المغناطيسي(Magnetic Seed Cleaning)

تعد مشكلة تلوث بذور الجت ببذور الحامول (*Cuscuta spp*) من أكبر العوائق التي تهدد استدامة زراعة الأعلاف في العراق.

1 - معضلة الحامول

بذور الحامول تشابه بذور الجت في الحجم والوزن النوعي، مما يجعل فصلها بالغربلة التقليدية أمراً شبه مستحيل. الحامول طفيل شره يدمر حقول العلف، وانتقاله عبر البذور الملوثة يمثل خرقاً للأمن العلفي.

2 - آلية الفرز المغناطيسي

تعتبر هذه التقنية قمة التطور في معالجة بذور الأعلاف. تعتمد الآلية على إضافة مسحوق حديدي ناعم مع كمية قليلة من الماء أو الزيت إلى خليط البذور.

- الفعل الفيزيائي :بذور الجت ناعمة الملمس فلا يعلق بها المسحوق، بينما بذور الحامول خشنة ووبرية، فيلتصق المسحوق الحديدي بسطحها.
- الفعل المغناطيسي :عند مرور الخليط فوق أسطوانة مغناطيسية، يتم سحب بذور الحامول (الممغنطة) إلى مسار معزول، بينما تسقط بذور الجت النقية في مسار آخر.

رابعاً: التخزين واستدامة الحيوية الوراثية

بعد الحصاد والتنقية، تدخل البذور مرحلة السكون الخزني. وفقاً للمنهج الحديث، يجب مراعاة:

- المحتوى المائي :تجفيف البذور لتصل إلى رطوبة أقل من 8-10% لمنع التنفس الذاتي وتلف المخزون النشي.
- التعبئة النوعية :استخدام أكياس تسمح بالتبادل الغازي المحدود وتمنع نفاذ الرطوبة الجوية، خاصة في بيئة السهل الرسوبي الرطبة نسبياً في مواسم معينة.

الخلاصة والمنظور المنهجي

إن حصاد ومعالجة بذور الأعلاف في العراق هو عملية فنية دقيقة تبدأ بالاستفادة من ندى الصباح وتنتهي بـ المغناطيس. إن الالتزام بالتوصيات التي أوردها المنصوري (2023) يضمن تقليل الهدر الميداني وحماية الحقول المستقبلية من الأوبئة الطفيلية كالحامول. إن العلم الذي يوضع في تنقية البذرة هو الضمان الوحيد لجودة المحصول العلفي الذي سيتغذى عليه القطيع.

اختبارات الحيوية والإنبات (Seed Quality Control)

تعد اختبارات الحيوية والإنبات الركائز العلمية لضمان رصانة البذور العلفية فلا يكتمل إنتاج البذور دون فحص جودتها المخبرية. تتبع مختبرات بذور المحاصيل في العراق معايير المنظمة الدولية لفحص البذور(ISTA) ، حيث يتم قياس قوة البادرة Seed) (Vigorوليس فقط نسبة الإنبات، لضمان قدرة البذرة على الاختراق في الترب الكلسية القاسية (الركابي، 2024)

أولاً: الفلسفة المنهجية لرقابة الجودة(ISTA Standards)

في المنهج الحديث، ننتقل من التقييم البصري السطحي إلى التقييم الفسيولوجي الدقيق. تضع المنظمة الدولية لفحص البذور (ISTA) بروتوكولات عالمية تلتزم بها المختبرات العراقية لضمان أن البذور المتداولة في السوق المحلية تمتلك الحد الأدنى من الكفاءة الحيوية.

1 - مفهوم الحيوية مقابل الإنبات

الإنبات المخبري (Germination) يعكس قدرة البذور على إنتاج بادرات طبيعية تحت ظروف مثالية (رطوبة وحرارة محكومة(أما قوة البادرة(Seed Vigor) ، فهي المقياس الحقيقي للأداء الميداني، إذ تعبر عن قدرة البذرة على الإنبات السريع والمتجانس تحت ظروف الإجهاد (مثل ملوحة تربة المثنى أو قسوة قشرتها الكلسية(

2 - أهمية الاختبار في المحاصيل العلفية

بذور الأعلاف، وخاصة البقولية منها كالجت والبرسيم، تمتاز بصغر حجمها ومحدودية مخزونها الغذائي)Endosperm) لذا، فإن أي انخفاض في القوة الحيوية يعني فشلاً حتمياً في بزوغ البادرات، وهو ما يؤدي إلى حقول غير متجانسة وكثافة نباتية متدنية.

ثانياً: فسلجة وكيمياء قوة البادرة(The Physiology of Vigor)

لفهم سبب تفوق بذور على أخرى، يجب الغوص في كيمياء النبات المتقدمة التي تفسر العمليات الحيوية داخل الجنين.

1 - الكفاءة الأنزيمية وهدم المخزون

تبدأ عملية الإنبات بتنشيط أنزيمات الهدم (مثل alpha-amylase\و Proteases) في البذور ذات القوة العالية، تكون هذه الأنزيمات قادرة على تحويل النشا والبروتينات المعقدة إلى سكريات وأحماض أمينية بسيطة بسرعة فائقة، مما يوفر الطاقة اللازمة لاستطالة الرويشة والجذير.

2 - سلامة الأغشية الخلوية(Membrane Integrity)

أحد أهم اختبارات الحيوية هو اختبار التوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity)البذور الضعيفة تعاني من تمزقات في أغشيتها الخلوية، مما يؤدي إلى تسرب الأملاح والأحماض الأمينية منها عند نقعها في الماء. كلما زاد التوصيل الكهربائي للمحلول، دلّ ذلك على انخفاض حيوية البذور وتدهور أغشيتها.

ثالثاً: اختبارات الجودة في البيئة العراقية (الترب الكلسية والملحية)

يؤكد الركابي (2024) على ضرورة محاكاة ظروف الحقل العراقي داخل المختبر. ومن أبرز هذه الاختبارات:

1 - اختبار الإجهاد البارد (Cold Test) واختبار التسريع التدهوري (Accelerated Aging)

يتم تعريض البذور لظروف حرارية ورطوبية قاسية لفترة محددة ثم زراعتها. البذور التي تحافظ على نسبة إنبات عالية بعد هذا التعذيب الفسيولوجي هي التي تُصنف كبذور نخبة قادرة على مواجهة تقلبات المناخ في السهل الرسوبي.

2 - اختبار الاختراق(Crust Breaking Power)

نظراً لأن الترب في المثنى تمتاز بظاهرة التأفق أو تكون القشرة الصلبة بعد الري، يتم إجراء اختبارات مخبرية لقياس القوة الميكانيكية التي تبذلها البادرة لاختراق وسط زراعي محاكي للترب الكلسية.

رابعاً: الاختبارات الكيميائية الحيوية(Biochemical Tests)

تستخدم مختبراتنا تقنيات متطورة للكشف عن حيوية الجنين دون الحاجة لانتظار الإنبات الكامل:

1. اختبار التترازوليوم:(Tetrazolium Test - TZ)

يُعد من أسرع الاختبارات، حيث يتم نقع البذور في محلول كلوريد التترازوليوم. الأنسجة الحية التي تتنفس تُحول المحلول عديم اللون إلى لون أحمر (مركب Formazan) توزيع اللون الأحمر في الجنين يعطي مؤشراً دقيقاً عما إذا كانت البذرة حية، أو ميتة، أو تعاني من أضرار ميكانيكية في مناطق النمو الحجرية.

2. نشاط أنزيم الديهيدروجيناز:

يرتبط نشاط هذا الأنزيم ارتباطاً طردياً مع قوة التنفس في البذرة، وهو مقياس كيميائي رصين لمستوى الاستقلاب الحيوي داخل مخزن البذرة.

خامساً: جودة البذور من الناحية الفيزيائية والنقاوة(Physical Purity)

بالإضافة إلى الحيوية الفسلجية، يركز المنهج الحديث على:

- النقاوة الوراثية :التأكد من عدم خلط الصنف بأصناف أخرى أقل جودة.
- النقاوة الفيزيائية :خلو العينة من بذور الأدغال (خاصة الحامول) والمواد الغريبة والحصى.

• المحتوى الرطوبي :يجب أن تكون الرطوبة بحدود 8-10% لضمان عدم نشاط الفطريات المخزنية التي تفرز سموم الأفلاتوكسين.

سادساً: العلاقة بين جودة البذور والإنتاجية العلفية

تشير الدراسات المتقدمة في جامعة المثنى إلى أن البذور ذات الحيوية العالية تساهم في:

1. التبكير في النضج :البادرات القوية تنمو بسرعة، مما يقلل الفترة الحرجة التي يكون فيها النبات عرضة للآفات.
2. زيادة الحشات :في محاصيل مثل البرسيم والجت، البداية القوية تعني جذوراً أعمق، مما يسمح بزيادة عدد الحشات في الموسم الواحد.
3. المنافسة مع الأدغال :البادرات السريعة تظلل سطح التربة مبكراً، مما يمنع بزوغ الأدغال المنافسة.

سابعاً: تحديات مراقبة الجودة في العراق

رغم اتباع معاييرISTA ، يواجه قطاع البذور تحديات هيكلية:

• التخزين السيئ :فقدان الحيوية غالباً ما يحدث في المخازن غير المبردة نتيجة لارتفاع درجات الحرارة في الصيف العراقي.
• الحاجة للمختبرات المتنقلة :لتغطية المساحات الشاسعة في البادية والسهل الرسوبي وتسهيل فحص البذور للمزارعين قبل الزراعة.

ثامناً: التوصيات المنهجية لتعزيز الجودة

وفقاً للركابي (2024) ومرجعنا الحديث، نوصي بـ:

- **اعتماد شهادة الجودة الفسلجية كشرط أساسي لتداول بذور الأعلاف، وليس فقط نسبة الإنبات التقليدية.**
- **التوسع في استخدام التقنيات الجزيئية للكشف عن الأمراض المحمولة بالبذور لضمان سلامة القطاع الزراعي.**

الخلاصة والرؤية التكاملية

إن اختبارات الحيوية والإنبات هي الغربال الفني الذي يضمن دخول أفضل الأصول الوراثية إلى التربة العراقية. إن الالتزام بمعايير ISTA وفهم قوة البادرة كدالة للاختراق في الترب الكلسية يمثل الضمانة الوحيدة لتحويل المجهود الوراثي والفسلجي الذي بذلناه في الفصول السابقة إلى واقع إنتاجي ملموس تحت أقدام المزارع في المثنى والفرات الأوسط.

المحاصيل العلفية غير التقليدية والمراعي الطبيعية:

استراتيجيات التكيف والاستدامة في البيئات الهامشية

في ظل أزمة الشح المائي والتغيرات المناخية الحادة، برزت الحاجة الملحّة في العراق إلى تبني المحاصيل المجهدة(Stress-tolerant crops) ، وهي نباتات تمتلك قدرات فسيولوجية ووراثية تمكنها من النمو في بيئات هامشية، أو باستخدام مياه ذات ملوحة عالية (مياه البزل أو المياه الجوفية المالحة(تكمن الأهمية الاستراتيجية لهذه المحاصيل في عدم منافستها للمحاصيل الاستراتيجية (كالقمح) على المياه العذبة، وتوفير غطاء علفي مستدام في مناطق كبادية المثنى (التميمي، 2024)

أولاً: الإطار الفلسفي للمحاصيل غير التقليدية

تُمثل المحاصيل غير التقليدية خيار الضرورة الذكي في المنهج الحديث. هي المحاصيل التي لم تكن تُزرع على نطاق واسع أو لم تكن تُعتبر محاصيل اقتصادية، لكنها تمتلك بصمة بيئية منخفضة وقدرة عالية على تحويل المياه رديئة الجودة إلى كتلة حيوية علفية.

1 - تصنيف المحاصيل المجهدة فسيولوجياً

تنقسم هذه المحاصيل إلى مجموعتين رئيستين وفقاً لآليات تحملها:

❖ **مجموعة المحاصيل الملحية(Halophytes) :**

تُعد المحاصيل الملحية معجزة فسلجية، فهي لا تتحمل الملوحة فحسب، بل إن بعضها (الملحيات الحقيقية) يحتاج إلى مستويات معينة من الأملاح للوصول إلى ذروة نشاطه الحيوي. فيما يلي تفصيل لأهم هذه المحاصيل التي يمكن إيرادها في منهجنا:

1 - الرغل الملحي - (Atriplex spp) شجيرة الذهب الأخضر

يُعتبر الجنس الأهم عالمياً وفي العراق (خاصة الأنواع *A. halimus* و*A. nummularia*)

- **الآلية الفسلجية :يمتلك مثانات ملحية (Salt Bladders) على الأوراق، حيث يقوم بضخ أيونات الصوديوم والكلور السامة إلى هذه المثانات ثم تنفجر لتطرح الملح خارج النسيج.**
- **القيمة العلفية :غني جداً بالبروتين (15-20%)، ويمتاز بمحتوى عالٍ من الكاروتين وفيتامين A.**
- **الاستخدام :يُزرع كمحصول رعوي دائم في بادية المثنى، ويتحمل ملوحة مياه تتجاوز 20ديسيسمنز/متر.**

2 - الساليكورنيا - (Salicornia spp) فاصوليا البحر

محصول واعد جداً لاستغلال مياه البزل شديدة الملوحة والمياه البحرية.

- **الآلية الفسلجية :نبات عصاري (Succulent) يقوم بتخفيف تركيز الأملاح داخل أنسجته عبر امتصاص كميات كبيرة من الماء وتخزينها في فجواته الخلوية المتضخمة.**

- القيمة العلفية :تُستخدم السيقان الخضراء كعلف غني بالأملاح المعدنية، كما أن بذورها غنية بالزيوت والبروتين.
- الأهمية :يمكن ريه بمياه ملوحتها تعادل ملوحة مياه الخليج العربي، مما يجعله المحصول الأقوى في مواجهة التملح المطلق.

.3السويداء(Suaeda spp)

تنتشر طبيعياً في السهل الرسوبي العراقي وتعتبر من النباتات الرعوية الهامة للإبل والأغنام.

- الآلية الفسلجية :نبات ملحي حقيقي يراكم الأملاح في أوراقه الإبرية اللحمية لخفض الجهد الأسموزي، مما يمكنه من سحب الماء من الترب السبخة.
- الميزة :تمتاز بقدرة عالية على تحمل التغدق (ارتفاع مستوى الماء الأرضي المالح) الذي يقتل معظم المحاصيل الأخرى.

.4حشيشة مبروك أو سبارتينا(Spartina spp)

نجيلي ملحي معمر يُستخدم لاستصلاح السواحل والمستنقعات الملحية.

- الآلية الفسلجية :تمتلك غدداً ملحية متخصصة على سطح الأوراق تقوم بإفراز الملح على شكل بلورات بيضاء تُرى بالعين المجردة.
- القيمة :توفر غطاءً علفياً كثيفاً في الأراضي التي لا تصلح لأي زراعة أخرى، وتساهم في حماية التربة من التعرية الملحية.

5- الرقروق الملحي(Limonium spp)

رغم صغر حجمه، إلا أنه يمثل مصدراً رعوياً مهماً في المناطق الصحراوية الملحية.

- الآلية الفسلجية :يعتمد نظام الإقصاء الملحي، حيث يمنع وصول الأملاح إلى القمم النامية الحساسة عبر فلاتر طبيعية في الجذور.

6- الأشنان(Seidlitzia rosmarinus)

من النباتات الرعوية العراقية الأصيلة التي تزخر بها بادية السماوة ثم بقية البوادي العراقية .

- الآلية الفسلجية :يتحمل الجفاف والملوحة المزدوجة، ويمتاز بقدرة عالية على البقاء في الترب الكلسية والجبسية.
- الاستخدام :تاريخياً كان يُستخدم لإنتاج الصودا، وفسلجياً هو مخزن للمعادن الضرورية للحيوانات الرعوية في مواسم القحط.

7- الخريزة(Arthrocnemum spp)

نبات عصاري ملحي يشبه الساليكورنيا في سلوكه الفسلجي.

- الميزة :يمتاز بقدرة هائلة على النمو في السبخات المغطاة بالقشور الملحية، ويُعتبر مصدراً علفياً احتياطياً مهماً جداً للاستدامة الرعوية.

الخلاصة المنهجية لدمج هذه المحاصيل:

إن إيراد هذه المحاصيل هنا يتطلب التأكيد على أن قيمتها لا تكمن في الإنتاجية المنفردة، بل في:

1. القدرة التحويلية :تحويل الأراضي والمياه الميتة إنتاجياً إلى بروتين حيواني.
2. التوازن الغذائي :ضرورة خلط هذه المحاصيل (ذات المحتوى الملحـي العالي) مع الأتبان أو مخلفات المحاصيل التقليدية لتجنب الإجهاد الكلوي للحيوان.
3. الاستصلاح الحيوي :دور هذه النباتات في سحب الأملاح من التربة وتراكم المادة العضوية، مما يمهد الطريق لاستصلاح الأراضي تدريجياً.

❖ مجموعة المحاصيل المتحملة للإجهاد(Stress-tolerant Crops) :

هذه المحاصيل لا تكتفي بـ البقاء، بل تمتلك استراتيجيات فسيولوجية وتركيبية (Anatomical)تجعلها تتفوق في الإنتاجية تحت ظروف الحرارة والجفاف والملوحة المتوسطة مقارنة بالمحاصيل الحساسة.

فيما يلي استعراضا لهذه المحاصيل وآليات صمودها:

1 - الذرة البيضاء – (Sorghum bicolor) (تلقب بجمل المحاصيل لتحملها)

تعتبر النموذج الأرقى للمحاصيل المتحملة للإجهاد في العراق والشرق الأوسط.

- الآلية الفسيولوجية :تتبع مسار (C_4) في التمثيل الضوئي، مما يمنحها كفاءة عالية في تثبيت الكربون بأقل كمية من الماء.
- نظام الجذور :تمتلك نظاماً جذرياً ليفياً كثيفاً وعميقاً يفوق الذرة الصفراء بمرتين، مما يسمح لها باستغلال الرطوبة في طبقات التربة العميقة.
- السكون المؤقت :عند اشتداد الجفاف، تدخل الذرة البيضاء في طور سكون فسيولوجي مؤقت وتلتف أوراقها لتقليل المساحة المعرضة للنتح، ثم تعاود النمو فور توفر الرطوبة.

2 - الدخن اللؤلؤي(Pearl Millet)

يتفوق على الذرة البيضاء في تحمل الظروف الأكثر قسوة، خاصة في الترب الرملية الفقيرة ببادية المثنى.

- التحمل الحراري :يمتلك أعلى درجة حرارة عتبية للنمو، حيث يستمر في التمثيل الضوئي بكفاءة حتى درجة حرارة .45°C
- دورة النمو القصيرة :يمتاز بالقدرة على الهروب من الإجهاد (Stress Avoidance)عبر إتمام دورة حياته بسرعة قبل اشتداد موسم الجفاف المطلق.
- كفاءة الثغور :خلايا الثغور في الدخن شديدة الحساسية للرطوبة النسبية، حيث تنغلق بسرعة فائقة عند انخفاض الرطوبة الجوية لمنع فقد الماء.

.3حشيشة السودان(Sudan Grass)

وهي الهجين الطبيعي أو المصنع القريب من الذرة البيضاء، وتعد من أهم محاصيل العلف الصيفية المتحملة للإجهاد.

- سرعة التعافي :تمتاز بقدرة استثنائية على إعادة النمو (Regrowth) بعد الحش رغم درجات الحرارة المرتفعة.
- المرونة التسميدية :قادرة على النمو في الترب ذات المحتوى المنخفض من المادة العضوية، وتستجيب بكفاءة عالية لأقل كميات من الأسمدة تحت ظروف الإجهاد.

.4حشيشة رودس(Rhodes Grass)

محصول نجيلي معمر أحدث ثورة في إنتاج الأعلاف بالمناطق الجافة والمالحة.

- **تحمل الملوحة المزدوج :تتحمل ملوحة التربة وملوحة مياه الري (حتى 12 ديسيسمنز/متر (مع الحفاظ على إنتاجية عالية من المادة الجافة.**
- **الانتشار العرضي :تمتاز بامتلاكها سيقان زاحفة (Stolons) تساعد في تغطية سطح التربة، مما يقلل من تبخر الماء من سطح التربة ويحمي منطقة التاج من التملح.**

5-كوا كراس(Guat_grass / Panicum maximum)

من النجيليات التي بدأت تأخذ حيزاً في الدراسات العراقية كبديل متحمل للحرارة.

- **تحمل الظل والحرارة :تمتاز بقدرتها على النمو تحت الأشجار (في البساتين) أو في المساحات المفتوحة، وهي شديدة المقاومة للجفاف الطويل بفضل مخزونها الكربوهيدراتي في القواعد التاجية.**

6- حشيشة البانيكوم(Panicum turgidum)

نبات رعوي أصيل في شبه الجزيرة العربية والبادية العراقية، ويُعرف بـ الثمام.

- **الصلابة البنيوية :سيقانه مغطاة بطبقة شمعية كثيفة (Cuticle) تعكس أشعة الشمس وتقلل من النتح غير الثغري.**
- **الاستدامة :لا يحتاج إلى رعاية زراعية مكثفة ويُعتبر أفضل محصول لإعادة تأهيل المراعي المتدهورة في المناطق التي يقل معدل أمطارها عن 100ملم.**

.7كاشف الصدأ(Guar / Cyamopsis tetragonoloba)

محصول بقولي صيفي متحمل جداً للجفاف والحرارة.

- **تحسين التربة :بالإضافة إلى قيمته كعلف بروتيني، يقوم بتثبيت النتروجين الجوي، مما يحسن من خصوبة الترب الاستنزافية.**
- **الصموغ :تحتوي بذوره وسيقانه على صموغ (Galactomannans) تساعد الأنسجة النباتية على الاحتفاظ بالماء ومنع الجفاف الخلوي.**

الخلاصة:

إن إيراد هذه المحاصيل تحت مسمى المحاصيل المتحملة للإجهاد يعكس رؤية إدارية واعية، فهي تمثل الخط الدفاعي الثاني بعد المحاصيل الملحية. وتعتمد استراتيجية المرجع الحديث هنا على:

1. **التكامل الوراثي :استغلال الأجهزة الجذرية العميقة لهذه النباتات لتقليل الحاجة للري السطحي المتكرر.**
2. **الكفاءة الأيضية :استغلال مسار (C_4) في النجيليات المذكورة لتعظيم الكتلة الحيوية في ذروة الصيف العراقي.**
3. **إدارة المخاطر :توفير بدائل علفية للمربي تضمن عدم انهيار القطيع عند انقطاع مياه الري العذبة أو اشتداد موجات الجفاف.**

الفسلجة المتقدمة لتحمل الملوحة والجفاف

أن القيمة الحقيقية لهذه النباتات سببها المرونة الأيضية التي تتميز بها . ومن خصائص هذه النباتات :

1-التنظيم الاسموزي الكيميائي 2- استبعاد الصوديوم وعزل الايونات

- **الخاصية الاولى(التنظيم الأسموزي الكيميائي)**

أي التكيف الجزيئي للمحاصيل العلفية في البيئات الملحية

1 - التنظيم الأسموزي الكيميائي: تقوم هذه المحاصيل بتخليق مركبات عضوية واقية (Osmoprotectants)مثل البرولين والسكريات الذائبة. تعمل هذه المركبات على موازنة الضغط داخل الخلية دون الوصول إلى حد السُميّة الأيونية، مما يسمح للنبات بسحب الماء من تربة مالحة جداً أو مياه بزل تتجاوز ملوحتها 10-15 ديسيسمنز/متر.

أولاً: مفهوم الجهد الأسموزي وإشكالية سحب الماء

في فسلجة المحاصيل العلفية، يُعد الجهد المائي (Water Potential) هو القوة المحركة لانتقال الماء من التربة إلى النبات. في الترب الملحية أو عند الري بمياه البزل، يكون الجهد المائي لمحلول التربة منخفضاً جداً (سالبية عالية) بسبب كثرة الأملاح.

من هنا، تبرز عبقرية المحاصيل المجهدة، فلكي يستطيع النبات سحب الماء، يجب أن يكون الجهد المائي داخل خلايا جذوره أكثر سالبية من محلول التربة المحيط بها. وهنا يأتي دور التنظيم الأسموزي الكيميائي كآلية دفاعية مركزية.

ثانياً: المذابات المتوافقة (Compatible Solutes) ودورها الوقائي

تُعرف المركبات العضوية الواقية بأنها جزيئات صغيرة، ذائبة في الماء، وغير سامة للخلية حتى بتركيزات عالية، ومن أهمها في المحاصيل العلفية العراقية:

1 - حمض البرولين الأميني(Proline)

يُعد البرولين المؤشر الحيوي الأكثر شهرة للإجهاد في محاصيل مثل الذرة البيضاء والدخن .فسيولوجياً، يعمل البرولين على:

- تعديل الجهد الأسموزي :يرفع تركيز السايتوبلازم لضمان سحب الماء.
- حماية الأنزيمات :يعمل كـ درع كيميائي يمنع مسخ البروتينات والأنزيمات الحيوية بفعل الأملاح.
- اقتناص الشوارد الحرة :يعمل كمضاد للأكسدة لحماية الأغشية الخلوية من التمزق.

2 - السكريات الذائبة(Soluble Sugars)

في المحاصيل النجيلية العلفية، يؤدي تراكم السكروز والجلوكوز والفركتوز دوراً مزدوجاً، فهي تمثل مخزوناً للطاقة من جهة، وتساهم في خفض الجهد الأسموزي داخل الفجوات الخلوية من جهة أخرى، مما يحافظ على ضغط الامتلاء (Turgor Pressure)الضروري لاستمرار نمو الخلايا واستطالتها.

ثالثاً: موازنة الضغط وتجنب السُميّة الأيونية

تعتمد المحاصيل غير التقليدية (مثل الأتريبلكس والساليكورنيا) استراتيجية التقسيم الخلوي:(Compartmentation)

- **عزل الأملاح :يتم حجز أيونات الصوديوم (Na^+) والكلور (Cl^-) داخل الفجوات الخلويةVacuoles) (**
- **حماية السايتوبلازم :يتم ملء السايتوبلازم (حيث توجد الأنزيمات الحساسة) بالمذابات المتوافقة (البرولين والسكريات) لموازنة الضغط الأسموزي مع الفجوة المملوءة بالأملاح.**

هذه الموازنة الدقيقة تمنع وصول أيونات الصوديوم إلى الأنزيمات، وبذلك يتجنب النبات السُميّة الأيونية التي تؤدي في الأصناف الحساسة إلى ذبول الأوراق واحتراق حوافها.

رابعاً: الأهمية التطبيقية في بيئة الفرات الأوسط وبادية المثنى

إن قدرة المحاصيل على تحمل ملوحة مياه بزل تتجاوز 15-10ديسيسمنز/متر تفتح آفاقاً واسعة للأمن العلفي:

1. **استغلال مياه البزل :يمكن زراعة حشيشة رودس والسيسبان على أكتاف المبازل الرئيسية، مستفيدين من قدرتها الفطرية على تخليق المذابات الواقية.**
2. **كفاءة استخدام المياه :(WUE) النباتات التي تمتلك تنظيماً أسموزياً قوياً تستطيع الحفاظ على ثغورها مفتوحة لفترة أطول تحت الإجهاد، مما يرفع من معدل التمثيل الضوئي وإنتاج المادة الجافة.**

خامساً: التوصيات المنهجية للتحسين الوراثي

يُوصى مربي المحاصيل العلفية باتخاذ تركيز البرولين والسكريات الذائبة كمعايير انتخابية (Selection Criteria) لتطوير سلالات جديدة:

- **الانتخاب الفسيولوجي :اختيار النباتات التي تبدي سرعة في تخليق هذه المركبات فور وقوع الإجهاد.**
- **الهندسة الوراثية :العمل على نقل الجينات المسؤولة عن أنزيمات بناء البرولين (مثل (P5CSلتعزيز قدرة المحاصيل التقليدية على غزو الأراضي الملحية.**

الخلاصة والمنظور المنهجي

إن التنظيم الأسموزي الكيميائي ليس مجرد عملية تراكم للمواد، بل هو منظومة إدارة أزمات داخل الخلية النباتية. إن فهم هذه الآلية، كما ورد في الدراسات التخصصية، يُمكّننا من تفسير صمود المحاصيل غير التقليدية في بيئة البوادي، ويضع بين أيدينا مفاتيح علمية لتحويل المناطق السبخة إلى واحات منتجة للأعلاف، مستندين في ذلك إلى كيمياء فسلجية رصينة تتجاوز حدود الزراعة التقليدية.

❖ **الخاصية الثانية استبعاد الصوديوم وعزل الأيونات(Ion Partitioning)**

او لنصفها بالإدارة الخلوية للسموم الأيونية

تمتلك هذه المحاصيل قدرة فائقة على حجز أيونات الصوديوم السامة في الفجوات الخلوية (Vacuoles) للأوراق القديمة، أو التخلص منها عبر غدد ملحية متخصصة، لضمان استمرار العمليات الحيوية في الأنسجة الفتية القمة النامية.

أولاً: إشكالية السمية الأيونية في المحاصيل العلفية

في البيئة العراقية، وخاصة في مناطق السهل الرسوبي وبادية المثنى، يمثل أيون الصوديوم (Na^+) التحدي الأكبر لنمو النجيليات والبقوليات العلفية. يؤدي تراكم

الصوديوم في السيتوبلازم إلى تثبيط النشاط الأنزيمي، وتدمير البلاستيدات الخضراء، ومنافسة أيون البوتاسيوم (K^+) الضروري لفتح وغلق الثغور وتنشيط البروتينات.

من هنا، تبرز أهمية عزل الأيونات كاستراتيجية ذكية لا تهدف إلى منع دخول الملح فحسب، بل إلى إدارة وجوده داخل جسم النبات.

ثانياً: عزل الأيونات في الفجوات الخلوية(Vacuolar Sequestration)

تعتبر الفجوة الخلوية (Vacuole) في المحاصيل المجهدة (مثل الذرة البيضاء وحشيشة رودس (بمثابة مخزن للنفايات السامة.

1. المضخات البروتينية :(Antiports) تمتلك هذه المحاصيل مضخات بروتينية متخصصة في غشاء الفجوة (مثل مضخة (NHX، تقوم بنقل أيونات الصوديوم من السيتوبلازم إلى داخل الفجوة مقابل خروج أيونات الهيدروجين.
2. الحفاظ على التوازن :من خلال حجز الصوديوم داخل الفجوة، يظل السيتوبلازم (مركز العمليات الحيوية) نقياً وبعيداً عن الأثر السام للأملاح، مما يضمن استمرار عمليات التمثيل الضوئي وبناء البروتين.

ثالثاً: التضحية بالأوراق القديمة لحماية القمة النامية

تتبع المحاصيل العلفية المتقدمة (مثل الرغل وبعض أصناف حشيشة السودان (استراتيجية التوزيع المكاني التفضيلي:

- توجيه الأملاح :يتم توجيه معظم أيونات الصوديوم والكلور الممتصة نحو الأوراق المسنة (القديمة) الموجودة في أسفل النبات.
- حماية النسيج المرستيمي :تُحافظ هذه الآلية على الأنسجة الفتية والقمة النامية (Apical Meristem)في أعلى النبات خالية من الأملاح، لضمان استمرار استطالة الساق وتكوين أوراق جديدة، بينما تعمل الأوراق القديمة كإسفنجة لامتصاص السموم حتى تصل إلى حد الامتلاء ثم تجف وتسقط، مخلصةً النبات من جزء كبير من عبئه الملحي.

رابعاً: الغدد الملحية - (Salt Glands) التخلص الكيميائي المباشر:

في المحاصيل الملحية المتطرفة (مثل نباتات الشنان والسويداء والرغل المنتشرة في بادية السماوة)، نجد أرقى أنواع التكيف:

1. الغدد والمثانات :توجد غدد مجهرية متخصصة على سطح الورقة تقوم بجمع الأملاح الزائدة من الأنسجة الداخلية وضخها إلى الخارج.

2. الإفراز الخارجي :تظهر الأملاح على شكل بلورات بيضاء أو مسحوق ملحي على سطح الأوراق. هذه العملية لا تحمي الأنسجة الداخلية فحسب، بل تساهم أيضاً في عكس جزء من الإشعاع الشمسي الساقط على الأوراق، مما يقلل من حرارة الورقة وفقد الماء بالنتح.

خامساً: الأهمية التطبيقية في الإدارة الزراعية المحلية

فهم خاصية عزل الأيونات يفرض علينا في المنهج الحديث اتباع الممارسات التالية:

- **توقيت الحش :في المحاصيل التي تراكم الأملاح في الأوراق القديمة، يجب ضبط موعد الحش بدقة لضمان عدم تراكم نسبة عالية من الأملاح في العلف الناتج، مما قد يؤثر على استساغته للحيوان.**
- **الانتخاب الوراثي :يوصي الباحثون في جامعة المثنى باختيار الأصناف التي تمتلك كفاءة عالية في مضخات NHX، حيث يُعد هذا المعيار الجزيئي دليلاً قوياً على قدرة الصنف على الصمود في الأراضي السبخة.**

- **تكامل التسميد البوتاسي :نظراً لأن الصوديوم ينافس البوتاسيوم، فإن رفع مستويات التسميد البوتاسي يساعد النبات في عملية استبعاد الصوديوم (Sodium Exclusion) من خلال تحسين نسبة K/Na داخل الأنسجة.**

إن استبعاد الصوديوم وعزل الأيونات هو بمثابة الدفاع العميق في فسلجة المحاصيل العلفية المجهدة. إن القدرة الفائقة لهذه المحاصيل على حماية قممها النامية عبر التضحية بالأوراق القديمة أو الإفراز الغدي، كما ورد في الدراسات التخصصية العراقية، يمثل الأساس العلمي الذي نعتمد عليه في تحويل أراضي البزل والسبخات إلى مساحات منتجة. إن إدارة السموم الأيونية داخلياً هي التي تضمن للأمن العلفي استدامة حقيقية في ظل التدهور البيئي وتملح التربة.

الأهمية الاستراتيجية والأمن المائي

تكمن عبقرية تبني هذه المحاصيل في فك الارتباط بين الأمن الغذائي والأمن المائي الصالح للري.

1 - استغلال مياه البزل والمياه الجوفية: في مناطق السهل الرسوبي، يمكن تحويل مياه البزل التي كانت تُشكل عبئاً بيئياً إلى مورد لإنتاج أعلاف خضراء عبر زراعة حشيشة رودس أو الرغل.

2 - تخفيف الضغط عن المحاصيل الشتوية: بدلاً من استنزاف مياه دجلة والفرات لزراعة البرسيم في مناطق التوسع، يتم توجيه تلك المياه للقمح، بينما تُزرع المحاصيل غير التقليدية في البادية والمناطق الهامشية.

أولاً: فلسفة الأمن المائي الموازي في المنهج الحديث

في ظل التنافس المحموم على الموارد المائية المحدودة، يطرح المنهج الحديث مفهوم المياه الهامشية كقيمة مضافة. إن عبقرية هذا التوجه تكمن في تغيير النظرة الفنية لمياه البزل والمياه الجوفية عالية الملوحة من كونها معوقات إنتاجية إلى مدخلات استراتيجية. إن فك الارتباط الذي أشرنا إليه يعني أن نمو قطاع الثروة الحيوانية لن يظل رهيناً بزيادة حصص المياه العذبة، بل بقدرتنا على توظيف الفسلجة النباتية لاستغلال المياه التي لا تصلح للمحاصيل الغذائية الحساسة.

ثانياً: الإدارة التقنية لمياه البزل في السهل الرسوبي

تمثل مياه البزل في العراق تحدياً بيئياً كبيراً، فهي تجمع الأملاح والمتبقيات السمادية والمبيدات.

1 - الاستصلاح الحيوي عبر حشيشة رودس

أثبتت الدراسات في جامعة المثنى أن زراعة حشيشة رودس (*Chloris gayana*) على مياه البزل تؤدي إلى دور ثنائي:

- **الإنتاج العلفي :توفير كميات ضخمة من الكتلة الحيوية المستساغة.**
- **الاستصلاح النباتي :(Phytoremediation) حيث تقوم هذه الجذور الليفية بسحب جزء من الأملاح وتحسين نفاذية التربة، مما يقلل من مخاطر التملح الثانوي في الأراضي المجاورة.**

2 - الرغل كفلتر حيوي ومصد للرياح

زراعة الرغل الملحي (*Atriplex*) على حواف المبازل الرئيسية لا توفر علفاً غنياً بالبروتين فحسب، بل تعمل كأحزمة خضراء تمنع زحف الرمال وتحسن الميكروكليمت (المناخ المحلي) للمناطق المحيطة، مما يرفع من كفاءة استخدام المياه الكلية في المنطقة.

ثالثاً: تخفيف الضغط المائي وإعادة توزيع الموارد

يعد محصول البرسيم من أكثر المحاصيل استهلاكاً للمياه العذبة خلال الشتاء. إن استبدال جزء من مساحاته بمحاصيل مجهدة في المناطق الهامشية يحقق توازناً مائياً استراتيجياً:

1. المفاضلة الاقتصادية للمياه :توجيه كل قطرة ماء عذب نحو القمح لتعزيز الأمن الغذائي البشري، مع الاعتماد على المحاصيل المجهدة لتأمين العلف. هذا التحول يوفر المليارات من الأمتار المكعبة سنوياً لصالح المحاصيل الاستراتيجية.

2. استغلال البادية :بادية المثنى تمتلك مخزونات من المياه الجوفية التي قد لا تصلح لزراعة الخضراوات أو الفواكه، لكنها مثالية لزراعة الدخن اللؤلؤي وحشيشة السودان، مما يحول الصحراء إلى مخازن علفية حية.

رابعاً: التكامل المنهجي بين الأمن المائي والكفاءة الأيضية

يرتبط الأمن المائي مباشرة بـ كفاءة استخدام المياه (WUE) على المستوى الخلوي. المحاصيل غير التقليدية المذكورة تمتلك نظام تمثيل ضوئي (C_4) أو (CAM) يتيح لها إنتاج وحدة مادة جافة بأقل من نصف كمية الماء التي يحتاجها البرسيم.

هذا التكامل يعني أننا لا نستغل مياه رديئة فحسب، بل نستغلها بـ كفاءة تحويلية عالية جداً، وهو جوهر المستهدفات التي يصبو إليها المنهج الحديث في المحاصيل الحقلية العلفية.

خامساً: الرؤية المستقبلية

تؤكد البحوث العراقية الرصينة أن الأمن المائي العلفي يتطلب:

- خرائط مائية-ملحية :لتحديد الأصناف العلفية المناسبة لكل بئر جوفي بناءً على ملوحته.
- الاستشعار عن بُعد :لمراقبة الحالة المائية للمراعي الطبيعية في البادية وتدخل الإدارة البشرية في الوقت المناسب عبر حصاد مياه الأمطار.

الخلاصة :

إن فك الارتباط بين الأمن الغذائي والأمن المائي الصالح للري هو المدخل الوحيد لاستدامة قطاع الأعلاف في العراق. إن استغلال مياه البزل والجوفية عبر محاصيل ذكية مثل الرغل ورودس، وتوجيه المياه العذبة للمحاصيل البشرية، يمثل قمة التخطيط الاستراتيجي الزراعي. إن العلم الذي يوجهنا لزراعة الرجل المناسب في المكان المالح المناسب هو الضمانة الحقيقية لبقاء الثروة الحيوانية العراقية قوية ومنتجة في وجه التغيرات المناخية.

تأهيل المراعي الطبيعية في البوادي العراقية و العربية:

استراتيجيات الإحياء والاستدامة

تزخر بوادي المنطقة بأصول وراثية لباتات رعوية أصيلة. المنهج الحديث يركز على الإدارة الرعوية المتكاملة من خلال:

1 - الحصاد المائي: إنشاء خزانات ترابية وسدود صغيرة لجمع مياه الأمطار وتوجيهها لري مساحات من المحاصيل المجهدة.

2- نثر البذور بالطائرات أو المسيرات: لإعادة غطاء المراعي الطبيعي بأنواع محلية تم توصيفها جزيئياً (كما ناقشنا في فصل الأصول الوراثية)

يجب ان لا نُنظر للمراعي الطبيعية في البوادي العراقية أو البوادي العربية كأراضٍ قاحلة، بل كـ مخازن وراثية حية. إن التدهور الذي أصاب هذه المراعي نتيجة الرعي الجائر والتغير المناخي يتطلب تدخلاً ذكياً يدمج بين التقنيات الهيدروليكية والتقنيات الحيوية. الهدف ليس مجرد زراعة النباتات، بل إعادة بناء النظم البيئية (Ecosystem Restoration) لتكون قادرة على التجدد الذاتي.

يجب الاهتمام بتقنيات الحصاد المائي والاستمطار الموضعي

يمثل الماء العامل المحدد الأول في البادية. لذا، فإن الإدارة الرعوية المتكاملة تبدأ من التحكم في حركة قطرة الماء فور سقوطها.

1 - الاستمطار الموضعي وحصاد مياه الأمطار(Water Harvesting)

يُقصد به تجميع مياه الجريان السطحي من مساحات واسعة (مناطق التجميع) وتوجيهها إلى مساحات محدودة (مناطق الزراعة)

- **الخزانات الترابية والسدود الصغيرة :تعمل هذه المنشآت على اعتراض مياه الوديان في بادية السماوة والديوانية، مما يقلل من سرعة الجريان ويسمح للماء بالتغلغل في باطن التربة لرفع مستوى الرطوبة الأرضية.**
- **الري التكميلي للمحاصيل المجهدة :يتم توجيه المياه المحصودة لري واحات من الرغل والدخن والسيسبان، مما يخلق نقاط ارتكاز رعوية توفر العلف في مواسم الجفاف.**

تكنولوجيا نثر البذور بالمسيرات(Drone Seeding)

يمثل استخدام الطائرات المسيرة (Drones) قمة التطور في المنهج الحديث لتأهيل المساحات الشاسعة التي يصعب الوصول إليها ميكانيكياً.

1 - إعادة التوطين بناءً على التوصيف الجزيئي

نحن لا ننثر أي بذور، بل ننثر بذور الأنواع المحلية (مثل الشنان، السعد، والنيتول) التي أثبتت الدراسات الجزيئية في جامعة المثنى امتلاكها لجينات تحمل الجفاف والملوحة. هذا يضمن أن النباتات الناتجة ستكون متأقلمة تماماً مع البصمة البيئية للمنطقة.

2 - ميزات النثر بالمسيرات

- **الدقة المكانية :تزويد المسيرات بخرائط (GIS) لتحديد المنخفضات والمناطق ذات الرطوبة العالية لنثر البذور فيها.**
- **كبسولات البذور :(Seed Balls) تُغلف البذور بمواد عضوية ومغذيات ومبيدات فطرية طبيعية لضمان حمايتها من الطيور والرياح، وتحفيز إنباتها فور هطول أول زخة مطر.**

التكامل بين الغطاء النباتي ودورة الرعي

الإدارة المتكاملة تقتضي تنظيم العلاقة بين المنتج (المرعى) والمستهلك (الحيوان)

- **الرعي الدوري :(Rotational Grazing) تقسيم البادية إلى قطاعات تُفتح للرعي وتُغلق بالتناوب للسماح للنباتات بإكمال دورة حياتها ونثر بذورها طبيعياً.**
- **الحمولة الرعوية :تحديد عدد الرؤوس الحيوانية بما يتناسب مع كمية المادة الجافة المنتجَة، وهو ما يحافظ على استدامة الأصول الوراثية ويمنع انقراض الأنواع المستساغة.**

الأثر البيئي والاقتصادي لتاهيل المراعي

تأهيل المراعي في العراق والوطن العربي يحقق أهدافاً استراتيجية:

1. **مكافحة التصحر :تقليل زحف الرمال نحو المدن والطرق السريعة عبر خلق أحزمة خضراء فطرية.**
2. **دعم الاستقرار الرعوي :تقليل رحلة الانتجاع للمربين، وتوفير مصادر علفية رخيصة وقريبة، مما يخفض كلفة الإنتاج الحيواني بشكل ملحوظ.**

التحديات والتوصيات المنهجية

تؤكد الدراسات العلمية المختصة أن النجاح المستدام يتطلب:

- **المشاركة المجتمعية :إشراك القبائل والمربين في حماية السدود الترابية والمساحات المنثورة بالبذور.**
- **المراقبة بالأقمار الصناعية :تتبع تطور الغطاء النباتي وتقييم نجاح عمليات النثر الجوي عبر مؤشرات الخضرة (NDVI)**

الخلاصة :

إن تأهيل المراعي الطبيعية هو معركة استعادة الهوية البيئية للبادية. من خلال دمج تقنيات الحصاد المائي التي توفر شريان الحياة، وتقنيات المسيرات التي تنشر الأصول الوراثية الموصوفة جزيئياً، كما ناقشنا في فصولنا السابقة، نستطيع تحويل البوادي من أراضٍ مجهدة إلى منظومات إنتاجية مستدامة. هذا هو جوهر المنهج الحديث الذي يزاوج بين التراث الوراثي والتكنولوجيا الرقمية لضمان أمن علفي لا ينقطع.

التحديات التغذوية والكيمياء الحيوية(Anti-nutritional factors) في المحاصيل غير التقليدية

رغم مميزاتها، تواجه المحاصيل غير التقليدية تحدي المواد المعيقة للتغذية واهمها:

1-الأوكسالات والأملاح العالية: قد تؤدي زيادة الأملاح في بعض المحاصيل الملحية إلى اضطرابات هضمية للماشية إذا لم تُخلط بأعلاف تقليدية .

2-التداخل الغذائي: التوصيات العلمية توجه باعتماد الخلطات العلفية (TMR) التي تدمج المحاصيل المجهدة مع مخلفات المحاصيل الحقلية لتحقيق توازن معدني وطاقي.

و تعرّف المواد المعيقة للتغذية بأنها مركبات أيض ثانوية (Secondary Metabolites) يُنتجها النبات كآليات دفاعية ضد الإجهادات البيئية أو كحماية ضد الحيوانات الرعوية. في المحاصيل غير التقليدية (مثل الذرة البيضاء، الرغل، والسيسبان)، تزداد تركيزات هذه المواد استجابة للملوحة والجفاف.

الأوكسالات (Oxalates) وأثرها الفسلجي:

تراكم الأوكسالات في نباتات مثل الرغل والسويداء يمثل تحدياً كيميائياً حيوياً، حيث ترتبط الأوكسالات بعنصر الكالسيوم لتكون أوكسالات الكالسيوم غير الذائبة.

- **الأثر الهضمي :يؤدي تناولها بكميات كبيرة إلى انخفاض مستوى الكالسيوم في دم الحيوان (Hypocalcemia) وتكوين حصى الكلى، مما يستوجب الحذر عند الرعي المباشر.**

.النترات وسيانيد الهيدروجين(HCN) :

في المحاصيل المتحملة للإجهاد مثل الذرة البيضاء وحشيشة السودان، يؤدي الجفاف المفاجئ إلى تراكم الجليكوزيدات السيانوجينية. عند تناولها، يتحرر غاز HCN السام الذي يمنع تنفس الأنسجة، وهو ما يؤكد عليه المنهج الحديث بضرورة عدم حش هذه المحاصيل قبل وصولها لارتفاع معين (أكثر من 50-60 سم) لضمان انخفاض تركيز هذه السموم.

معضلة الأملاح العالية والإجهاد الكلوي

كما أشرنا، فإن المحاصيل الملحية تستهلك الأملاح لتنظيم ضغطها الأسموزي. هذا المحتوى الملحي العالي (الرماد) يؤدي إلى:

- **زيادة استهلاك الماء :تضطر الماشية لشرب كميات هائلة من الماء لطرح الأملاح الزائدة، مما قد يسبب إسهالات ميكانيكية.**
- **انخفاض الاستساغة :(Palatability) الملوحة العالية قد تنفر الحيوان من العلف، مما يقلل من كمية المادة الجافة المتناولة(DMI)**

الخلطات العلفية المتكاملة (TMR)

لمواجهة التداخل الغذائي، يطرح المنهج الحديث تقنية - Total Mixed Ration) (TMRكحل تقني وهيكلي.

- **مفهوم التوازن الطاقي-المعدني :دمج المحاصيل المجهدة (العالية بالبروتين والأملاح مثل الرغل) مع مخلفات المحاصيل (العالية بالألياف والكربوهيدرات مثل تبن القمح أو عرانيص الذرة)**

- **تخفيف السموم :عملية الخلط والفرم تؤدي إلى تقليل تركيز المواد المعيقة للتغذية في اللقمة الواحدة، مما يسمح للجهاز الهضمي للحيوان (الكرش) بالتعامل معها بكفاءة عبر التخمر الميكروبي.**

المعالجات الحيوية والكيميائية لتحسين القيمة الغذائية

يشير الباحثون في جامعة المثنى إلى تقنيات متقدمة لتقليل أثر:ANFs

1. **التخمير (السيلاج :(عملية التخمير اللاهوائي تساهم في تحلل الكثير من القلويدات والسيانيد، مما يجعل العلف أكثر أماناً.**
2. **التجفيف الشمسي :يساعد في تقليل محتوى النترات في المحاصيل المتحملة للإجهاد.**
3. **الإضافات العلفية :إضافة مصادر الطاقة السهلة (الدبس) للخلطات التي تحتوي على محاصيل ملحية لتحفيز بكتيريا الكرش على تحويل النتروجين غير البروتيني إلى بروتين ميكروبي.**

التأصيل المنهجي للتحليل الكيميائي

لا يمكن إدارة الأمن العلفي دون رقابة مخبرية. يوصي المنهج الحديث بضرورة تحليل:

- **نسبة الرماد :(Ash Content) لتقدير المحتوى الملحي الكلي.**
- **الألياف :(NDF & ADF) لتقدير القيمة الهضمية المتوقعة.**
- **المعادن الثقيلة :لضمان سلامة المنتج الحيواني (اللحم والحليب) من التراكمات السمية الناتجة عن مياه البزل.**

التوصيات المنهجية لطلبة الدراسات العليا

بناءً على ما تقدم، نوصي الباحثين في بحوثهم القادمة بـ:

- **دراسة التداخل الأيضي بين الأملاح الممتصة وجودة البروتين في المحاصيل غير التقليدية.**
- **تطوير تقنيات الاستخلاص الكيميائي للأوكسالات قبل تقديم العلف للحيوانات الحساسة.**

الخلاصة :

إن التحديات التغذوية والكيمياء الحيوية للمحاصيل غير التقليدية ليست عائقاً بل هي محددات تتطلب إدارة ذكية. إن فهم طبيعة المواد المعيقة للتغذية واللجوء لتقنيات الخلط العلفي (TMR) التي دمجت بين المحاصيل المجهدة والمخلفات الحقلية، يمثل التطبيق العملي للمنهج الحديث. هذا التوازن المنهجي هو الذي يضمن تحويل النباتات المجهدة إلى وجبات علفية آمنة، تحقق الاستدامة للقطيع دون المساس بسلامته الفسيولوجية.

التكامل الاقتصادي والبيئي في المحاصيل غير التقليدية:

. إن تبني هذه المحاصيل يحقق أهدافاً مزدوجة

1 مكافحة التصحر: تثبيت التربة وزيادة المادة العضوية في مناطق البادية

2 توطين الثروة الحيوانية: توفير أعلاف قريبة من مناطق الرعي يقلل من كلف النقل ويحمي المربين من تقلبات الأسواق العالمية.

أولاً: المنظور البيئي (إعادة تأهيل المنظومة الحيوية في البادية)

في المنهج الحديث، لا يُنظر للمحاصيل غير التقليدية (كـ الذرة البيضاء، والاتريبلكس، والدخن) كأنظمة بيولوجية لإنتاج المادة الجافة فحسب، بل كأدوات هندسة بيئية قادرة على ترميم ما أفسده الجفاف والتملح في النظم الهشّة.

ويتم إعادة تأهيل المنظومة الحيوية في البادية من خلال التالي:

1-تثبيت التربة والحد من التعرية الريحية

تعاني البوادي كبادية المثنى والسهل الرسوبي من زحف الكثبان الرملية والعواصف الغبارية نتيجة تفكك التربة. تعمل المحاصيل غير التقليدية، بفضل مجموعاتها الجذرية العميقة والليفية، على:

- **التثبيت الميكانيكي :تعمل الجذور كشبكة مترابطة تربط جزيئات التربة وتمنع انجرافها بفعل الرياح السطحية العاتية.**
- **كسر حدة الرياح :المحاصيل الشجيرية المجهدة مثل الرغل والسيسبان تعمل كمصدات رياح طبيعية(Windbreaks) ، مما يقلل من سرعة الرياح عند سطح التربة ويحمي الأراضي الزراعية المجاورة والمستقرات البشرية من السافي.**

2- .إثراء المحتوى العضوي وتحسين خصوبة التربة

تساهم بقايا هذه المحاصيل (الجذور المتحللة والأوراق المتساقطة) في زيادة نسبة المادة العضوية في الترب الصحراوية والرسوبية الفقيرة. فسيولوجياً، تؤدي هذه الزيادة إلى:

- **تحسين السعة التبادلية الكاتيونية :(CEC) مما يرفع من قدرة التربة على موازنة العناصر الغذائية وجعلها متاحة للنبات.**
- **تحسين السعة الحقلية :تزيد المادة العضوية من مسامية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء لفترات أطول، مما يقلل من هدر مياه الأمطار المحصودة في المنخفضات (الفياض(**

ثانياً: المنظور الاقتصادي (توطين الإنتاج وخفض الكلف التشغيلية)

إن توطين الثروة الحيوانية بالقرب من مصادر العلف غير التقليدية يمثل ركيزة الاقتصاد الزراعي المقاوم :

1- تقليل كلف المدخلات واللوجستيات

يمثل النقل جزءاً حرجاً من تكلفة الأعلاف التقليدية (كالجت أو النخالة المنقولة من مراكز المدن)

- **القرب المكاني :زراعة المحاصيل المجهدة في قلب مناطق الرعي (البادية) تلغي الحاجة لعمليات النقل الطويل والشحن الباهظ.**
- **الاعتماد على الموارد الهامشية :استخدام مياه البزل والمياه الجوفية المالحة يقلل من تكلفة وحدة البروتين العلفي المنتج، مقارنة بالأصناف التي تستهلك مياهاً عذبة وتتطلب أسمدة كيميائية مفرطة.**

2- الحماية من تقلبات الأسواق العالمية (السيادة العلفية)

إن إنتاج بذور وأعلاف المحاصيل غير التقليدية محلياً يحمي المربين في العراق من الارتباط بأسعار الصويا والذرة الصفراء المستوردة. هذا الاستقلال العلفي يضمن استقرار كلف الإنتاج الحيواني، مما ينعكس إيجاباً على أسعار اللحوم والألبان، ويعزز الأمن الغذائي الوطني من خلال حلقة إنتاج محلية مغلقة.

ثالثاً: الأثر التنموي والاجتماعي في بادية المثنى والفرات الأوسط

يؤدي التكامل الاقتصادي والبيئي لهذه المحاصيل إلى تحويل البادية من مناطق طاردة للسكان إلى مناطق جاذبة للاستثمار الرعوي:

- **خلق فرص عمل :يفتح هذا التوجه آفاقاً في مجالات إنتاج البذور المحلية، وإدارة مراكز حصاد المياه، وصناعة السيلاج من المحاصيل المجهدة.**
- **الاستقرار الاجتماعي للمربين :تحويل نظام الترحال القسري بحثاً عن الكلأ إلى نظام الرعي المستقر أو نصف المستقر، مما يسهل وصول الخدمات الصحية والبيطرية والتعليمية لمجتمعات البادية، ويحافظ على النسيج الاجتماعي للمربين.**

التوصيات المنهجية للإدارة المتكاملة

لتحقيق هذا التكامل بكفاءة، يوصي المنهج الحديث بـ:

- **تأسيس المحميات الرعوية الذكية :وهي مساحات تُدار تقنياً بنظم حصاد المياه وتُزرع بالأنواع الموصوفة جزيئياً.**
- **تعزيز تقنيات مخازن العلف الاستراتيجية :عبر تحويل الفائض من المحاصيل غير التقليدية في المواسم الجيدة إلى دريس أو سيلاج يُخزن لاستخدامه في سنوات المحل، مما يكسر حدة الدورات المناخية الجافة.**

الخلاصة والمنظور المنهجي

❖ **إن التكامل الاقتصادي والبيئي في المحاصيل غير التقليدية هو التطبيق الميداني لمفهوم الزراعة الذكية مناخياً (Climate-Smart Agriculture) إن مكافحة التصحر عبر النباتات المجهدة، وتوطين الثروة الحيوانية لتقليل الكلف، يمثل المسار العلمي الوحيد لتأمين مستقبل مستدام للزراعة في العراق. إننا بتبني هذا المنهج، لا نزرع علفاً فحسب، بل نؤطر لاستدامة بيئية واقتصادية تصمد أمام التغيرات المناخية الحادة التي تشهدها المنطقة.**

❖ **إن المحاصيل العلفية غير التقليدية ليست مجرد بدائل، بل هي أعمدة استقرار للأمن العلفي العراقي في القرن الحادي والعشرين. إن دمج هذه النباتات المجهدة في المنظومة الزراعية، كما أشار التميمي (2024)، يمثل قمة الاستجابة العلمية لتحديات المناخ، ويحول التحدي البيئي (الملوحة والجفاف) إلى فرصة إنتاجية تضمن بقاء وازدهار الثروة الحيوانية في قلب البادية والسهل الرسوبي.**

نماذج من المحاصيل العلفية غير التقليدية في العراق

تستند هذه النماذج إلى تجارب بحثية رصينة تمت في كليات الزراعة ولا سيما جامعة المثنى، حيث تم التركيز على المحاصيل التي تمتلك مرونة أيضية (Metabolic Flexibility) تمكنها من تحويل الموارد الهامشية إلى كتلة حيوية عالية الجودة.

أولاً: الترتيكيل - (Triticale) الهجين الاستراتيجي

الترتيكيل (Triticale) وهو هجين بين القمح والشعير، يمتاز بقدرة تمثيلية عالية وبناء كتلة حيوية تفوق الشعير في الترب الفقيرة، مما يجعله خياراً علفياً شتوياً واعداً (البديري، 2023)

- **التميز الوراثي :يجمع الترتيكيل بين الصفات الإنتاجية والجودة العالية للقمح (*Triticum*)وبين صفات الصلابة والتحمل للإجهادات البيئية الموجودة في الروي(*Secale*)**
- **الكفاءة الفسيولوجية :أثبتت دراسات جامعة المثنى أن الترتيكيل يتفوق على الشعير في كفاءة استخدام النيتروجين، ويمتلك نظاماً جذرياً أكثر تشعباً يتيح له النمو في الترب الكلسية والفقيرة بالمادة العضوية، موفراً كمية من المادة الجافة Dry) (Matterتتجاوز الشعير بنسبة تصل إلى %20في الظروف الإجهادية.**

ثانياً: الأتريبلكس (Atriplex) والقلا - الذهب الأخضر الملحي

الأتريبلكس (Atriplex) والقلا: وهي نباتات ملحية (Halophytes) قادرة على امتصاص الأملاح وتخزينها في فجوات عصارية خاصة. توفر هذه النباتات بروتيناً علفياً جيداً خلال فترات الجفاف الصيفية (المنصوري، 2023(

- **آلية التنظيم الأسموزي :تعتمد هذه النباتات على عزل الأيونات Ion) (Partitioningحيث تعزل أملاح الصوديوم والكلور في فجوات خلوية كبيرة (Vacuoles)بعيداً عن السايتوبلازم والأنزيمات الحساسة، مما يسمح لها بالنمو في ترب تصل ملوحتها إلى مستويات حرجة.**
- **القيمة التغذوية :يعتبر الأتريبلكس مكملاً بروتينياً حيوياً في البادية، حيث تصل نسبة البروتين الخام فيه إلى %18، ويتم استهلاكه كعلف أخضر أو مجفف (دريس) لتعويض النقص البروتيني في المراعي الطبيعية الجافة.**

ثالثاً: الصبار الأملس - (Opuntia) مخزن المياه الحي

الصبار الأملس (Opuntia ficus-indica) أثبتت الدراسات الفسيولوجية قدرة هذا المحصول على تحويل المياه بكفاءة عالية جداً عبر مسار (CAM) الأيضي، مما يجعله مخزناً حياً للمياه والطاقة للماشية في البادية (الركابي، 2024(

- **التمثيل الضوئي بنظام :(CAM) تكمن عبقرية الصبار في فتح الثغور ليلاً لامتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه على شكل أحماض عضوية، ثم غلقها نهاراً لمنع النتح. هذه الآلية ترفع كفاءة استخدام المياه (WUE) إلى مستويات قياسية مقارنة بنباتات (C_3) وC_4) (**
- **الوظيفة المزدوجة :لا يوفر الصبار الطاقة الكربوهيدراتية فحسب، بل يعمل كمصدر رطوبة للحيوانات في فترات انقطاع المياه، مما يقلل من حاجة القطيع للشرب المتكرر في أعماق البادية.**

رابعاً: الدخن اللؤلؤي - (Pearl Millet) بديل النجيليات الصيفية

يعتبر الدخن اللؤلؤي من المحاصيل الواعدة التي توسعت جامعة المثنى في دراستها كبديل لـ الذرة البيضاء في المناطق الأكثر جفافاً.

- **تحمل الحرارة المتطرفة :يمتاز بقدرته على الحفاظ على استقرار الأغشية الخلوية تحت درجات حرارة تتجاوز .45°C**
- **سرعة النمو :يمتلك دورة حياة قصيرة تسمح بإنتاج عدة حشات خلال الموسم الصيفي، مما يجعله محصولاً مثالياً لسد الفجوة العلفية الصيفية.**

خامساً: حشيشة رودس - (Rhodes Grass) محصول الاستصلاح

أصبحت حشيشة رودس ركيزة أساسية في المنهج الحديث للمحاصيل العلفية في وسط وجنوب العراق.

- **التحمل الملحـي المرتفع :تتحمل ملوحة مياه ري تصل إلى 12ديسيسمنز/متر.**

- **تحسين خواص التربة :بفضل مجموعةا الجذري الليفي الكثيف، تساهم في تحسين بناء التربة وزيادة نفاذيتها، وهي المحصول الأفضل للزراعة في الأراضي التي تُروى بمياه البزل.**

سادساً: السيسبان - (Sesbania) بقولية المناطق الصعبة

شجيرة بقولية سريعة النمو تزرع في البيئات الملحية والغدقة.

- **تثبيت النيتروجين :تمتلك قدرة فائقة على تثبيت النيتروجين الجوي حتى في ظروف الملوحة، مما يحسن خصوبة التربة.**
- **الجودة العلفية :أوراقها غنية جداً بالبروتين المضمون، وتُستخدم كعلف أخضر للأغنام والماعز، وتتحمل الحش المتكرر بكفاءة عالية.**

سابعاً: الكينوا العلفية(Forage Quinoa)

دخلت الكينوا كمحصول علفي غير تقليدي مؤخراً بفضل الدراسات التي أثبتت قدرتها على النمو في ترب البادية الكلسية.

- **التوازن الغذائي :تمتاز البقايا الخضرية للكينوا بتوازن فريد في الأحماض الأمينية، وهي تتفوق فسيولوجياً بقدرتها على تراكم المذابات المتوافقة لمنع الجفاف الخلوي.**

إن تبني هذه السلة المتنوعة من المحاصيل غير التقليدية (الترتيكيل شتاءً، والدخن ورودس والسيسبان صيفاً، والأتريبلكس والصبار كمحاصيل دائمة) يضمن للمربي العراقي أماناً علفياً طوال العام. إن التوجه الحديث يؤكد أن الحل يكمن في التنوع الحيوي واستغلال الميزات الفسيولوجية لكل محصول بما يلائم طبيعة التربة والمياه المتاحة في المنطقة.

استراتيجيات الاستدامة في العراق و الوطن العربي :

تُشكل المراعي الطبيعية في البوادي العراقية والمناطق الجافة والشبه جافة في الوطن العربي مساحة شاسعة، وهي الركيزة الأساسية للثروة الحيوانية، لكنها تعاني من تدهور ناتج عن الرعي الجائر والتغير المناخي. ولأجل النهوض بها، يركز المنهج الحديث على محورين أساسيين:

أولاً: الكساء النباتي الفطري - الأصول الوراثية المحلية

يضم الكساء النباتي الفطري في العراق والبوادي العربية نباتات ذات قيمة رعوية عالية مثل)الروث، الرمث، والشنان(، وتمتاز هذه النباتات بخصائص فسيولوجية وتركيبية تجعلها صمام الأمان للبيئة الصحراوية:

1. **التعمق الجذري وتثبيت التربة :تمتاز هذه النباتات بجذور عميقة ومتشعبة تساهم بفعالية في تثبيت التربة ومنع الانجراف الريحي، مما يحد من نشاط العواصف الغبارية وزحف الرمال في البوادي العربية.**
2. **التحمل الفسيولوجي المزدوج :تمتلك هذه الأنواع قدرة فائقة على تحمل الملوحة العالية والجفاف في آن واحد، مما يجعلها المصدر العلفي الوحيد المتاح في فترات القحط الصيفي.**
3. **التوازن المعدني :توفر نباتات الشنان والرمث مخزوناً من الأملاح المعدنية الضرورية للماشية، مما يقلل من حاجة المربين للمكملات الغذائية الاصطناعية.**

ثانياً: تقنيات التأهيل والإدارة الرعوية الحديثة

يوصي الباحثون، ومنهم ياسين (2023)، بتبني استراتيجيات متكاملة لإعادة الحيوية للمراعي المتدهورة، وتعتمد هذه الرؤية على آليتين متكاملتين:

1. **نظام الرعي الدوري :(Rotational Grazing) وهو نظام إداري يعتمد على تقسيم المرعى إلى قطاعات زمنية ومكانية، مما يمنح النباتات الفطرية فرصة كافية لإعادة النمو ونثر البذور، وهو ما يحافظ على البنك البذري في التربة ويضمن استدامة الغطاء النباتي للأجيال القادمة.**

2. تقنيات الحصاد المائي :وتتمثل في إنشاء الخنادق الكنتورية والسدود الترابية الصغيرة لتعظيم الاستفادة من مياه الأمطار القليلة، حيث تعمل هذه المنشآت على اعتراض مياه الجريان السطحي وتوجيهها لري مساحات من المحاصيل المجهدة، مما يخلق واحات علفية مستقرة وسط البادية.

ثالثاً: التكامل بين التكنولوجيا والأمن العلفي

إن تطوير المراعي في الوطن العربي لم يعد يعتمد على الوسائل التقليدية فحسب، بل يتطلب دمج التقنيات الحديثة لضمان دقة التنفيذ:

1. التوصيف الجزيئي :استخدام بيانات الأصول الوراثية (كما ناقشنا سابقاً) لاختيار أفضل السلالات المحلية لإعادة استزراعها في المناطق الأكثر تضرراً.
2. الاستشعار عن بعد :مراقبة الحالة النباتية للمراعي عبر الأقمار الصناعية لتحديد الحمولة الرعوية المناسبة ومنع التجاوز على الغطاء النباتي الفطري.

رابعاً: الأثر الاقتصادي والاجتماعي للإدارة المتكاملة

يؤدي تطبيق هذا المنهج الشامل إلى نتائج ملموسة تنعكس على المربين والدولة على حد سواء:

1. توطين الثروة الحيوانية :توفير أعلاف مستدامة في قلب البادية يقلل من كلف النقل ويحمي المربين من تقلبات الأسواق العالمية للأعلاف المركزة.
2. الاستقرار البيئي :تحويل الأراضي المتدهورة إلى مناطق منتجة يسهم في خفض درجات الحرارة المحلية وزيادة التنوع البيولوجي الفطري.

خامساً: الرؤية المستقبلية للمراعي العربية

تؤكد الدراسات الصادرة عن جامعة المثنى والمنظمات العربية المتخصصة أن مستقبل المراعي يعتمد على فك الارتباط بين الأمطار والإنتاج، وذلك عبر الاستثمار في المحاصيل غير التقليدية المجهدة وتوسيع نطاق الحصاد المائي ليكون ثقافة عامة لدى المجتمعات الرعوية.

التكامل بين الحقول المروية والمراعي الطبيعية

تعتمد الرؤية الحديثة للأمن العلفي على التكامل المكاني والزماني. فبينما توفر الحقول المروية (الجت والبرسيم والسيلاج) احتياجات الحيوان من البروتين والطاقة خلال فترات الندرة، تعمل المراعي الطبيعية كمصدر علفي منخفض التكلفة خلال فصول النماء المطري. هذا التكامل يقلل من كلف الإنتاج الحيواني ويحمي النظام البيئي من الانهيار (الخفاجي، 2021)

أولاً: المفهوم الفلسفي للتكامل المكاني والزماني

في المنهج الحديث، لا يُنظر للحقول المروية والمراعي الطبيعية ككيانين منفصلين، بل كمنظومة تبادلية تهدف إلى سد الفجوة الغذائية على مدار العام.

1. **التكامل الزماني :استغلال مواسم النمو المطري في البادية لتخفيف العبء عن الأراضي المروية، مما يسمح للأخيرة بإنتاج محاصيل استراتيجية (كالقمح) أو تخزين الأعلاف (كالسيلاج) للاستخدام في مواسم الجفاف.**
2. **التكامل المكاني :توجيه الترب الخصبة والمياه العذبة للمحاصيل عالية القيمة (الجت والبرسيم)، بينما تُترك الأراضي الهامشية والمناطق الصحراوية للمراعي الطبيعية والمحاصيل المجهدة.**

ثانياً: دور الحقول المروية كـ صمام أمان بروتيني

تمثل الحقول المروية في العراق والوطن العربي العمود الفقري للتغذية المركزة، حيث تتميز بالآتي:

1. **التركيز الغذائي العالي :يوفر الجت (البرسيم الحجازي (والبرسيم المسقاوي مستويات بروتين تتجاوز 20%، وهي ضرورية جداً للحيوانات عالية الإنتاج (الأبقار الحلوب) التي لا تكفيها المراعي الطبيعية.**
2. **ثقافة الخزن (السيلاج والدريس :(تتيح الحقول المروية إمكانية تصنيع السيلاج من الذرة البيضاء أو حشيشة السودان، مما يوفر مخزوناً استراتيجياً يُستخدم خلال فترات الندرة الصيفية أو الشتوية القارسة التي يتوقف فيها نمو المراعي.**

3. الاستجابة للمدخلات :القدرة على التحكم في كمية ونوعية العلف من خلال التسميد والري المنتظم، مما يضمن ثبات المواصفات الكيميائية للعليقة.

ثالثاً: المراعي الطبيعية كخيار اقتصادي وبيئي

تُعد المراعي الطبيعية في البوادي (مثل بادية السماوة والفرات الأوسط) الرئة المالية للمربين، وتتجلى أهميتها في:

1. انخفاض كلف الإنتاج :الاعتماد على الكساء النباتي الفطري (الروث، الرمث، الشنان) الذي ينمو بمياه الأمطار يُلغي كلف الري والتسميد والعمليات الزراعية، مما يجعل اللحوم والألبان الناتجة عنها منافسة اقتصادياً.
2. التنوع البيولوجي والمعدني :توفر النباتات البرية طيفاً واسعاً من الأملاح المعدنية والعناصر النادرة التي قد تفتقر إليها المحاصيل المزروعة، مما يحسن من الصحة العامة للقطيع ومقاومته للأمراض.
3. حماية النظام البيئي :كما أشار الخفاجي (2021(، فإن الاستخدام المنظم للمراعي يمنع الانهيار البيئي، حيث إن الرعي المعتدل يحفز النباتات الفطرية على التجدد ويمنع تراكم المادة الجافة القابلة للاشتعال أو التحلل غير المفيد.

رابعاً: آليات التكامل لتحقيق التوازن الغذائي

يوصى بتطبيق بروتوكولات تغذوية تعتمد على هذا التكامل:

1. نظام التغذية التكميلية :السماح للحيوانات بالرعي في البادية خلال فصول النماء المطري (الشتاء والربيع)، مع تقديم عليقة مكملة من الحقول المروية (مثل الدريس أو السيلاج) لضمان عدم حدوث نقص في الطاقة أو البروتين.
2. إراحة الحقول المروية :استخدام المراعي الطبيعية يمنح التربة المروية فترة راحة فسيولوجية، مما يقلل من استنزاف العناصر الغذائية ويقلل من تراكم الأملاح الناتج عن الري المستمر.
3. التوازن الكيميائي الحيوي :خلط الأعلاف الخشنة من المراعي (العالية بالألياف) مع الأعلاف الغضة من الحقول المروية (العالية بالبروتين)، مما يحسن من كفاءة التخمر في الكرش ويقلل من حالات الاضطرابات الهضمية.

خامساً: النتائج الاستراتيجية لهذا التكامل

إن التكامل يحقق أهدافاً اقتصادية ووطنية كبرى:

1. الاستدامة في الأزمات :في حال انقطاع مياه الري أو حدوث جفاف، يكون لدى المربي بدائل متعددة (مخزون مروي + مرعى طبيعي مدار علمياً)، مما يمنع اضطرار المربين لبيع قطعانهم بأسعار زهيدة.
2. خفض البصمة المائية :تقليل الضغط على مياه دجلة والفرات من خلال تعظيم الاستفادة من كل قطرة مطر تسقط في البادية العربية.
3. جودة المنتج الحيواني :اللحوم والألبان الناتجة عن نظام تكاملي (مرعى طبيعي + علف مروي منظّم) تمتاز بجودة تذوقية وقيمة غذائية عالية تطلبها الأسواق الحديثة. (الخفاجي 2021)

لقد استعرض هذا المرجع العلمي، عبر فصوله الثمانية، خارطة طريق متكاملة لإنتاج وإدارة المحاصيل العلفية في البيئة العراقية، مع التركيز على محافظة المثنى كنموذج للتحدي والإنجاز. إن التحول من الزراعة التقليدية إلى الزراعة القائمة على الفهم الفسيولوجي والتقني هو السبيل الوحيد لمواجهة الشح المائي والتغير المناخي.

التوصيات الاستراتيجية (للباحثين وصناع القرار)

1. التوسع في التسميد الحيوي :ضرورة إحلال المخصبات الحيوية وسلالات الرايزوبيا المحلية محل الأسمدة الكيميائية لخفض الكلف والحفاظ على بيئة التربة.
2. تبني أنظمة الري الذكية :الانتقال الفوري من الري السيحي إلى الري بالرش والتنقيط تحت السطحي لرفع كفاءة استخدام المياه(WUE)) ،
3. تطوير قطاع إنتاج البذور :إنشاء مراكز تخصصية لإنتاج بذور المحاصيل العلفية محلياً لتقليل الاعتماد على المستورد وضمان نقاوة الأصناف.
4. استثمار المحاصيل غير التقليدية :إدخال نباتات الملح والصبار الأملس ضمن الدورات الزراعية في المناطق الصحراوية والهامشية.
5. الإدارة المستدامة للمراعي :تفعيل قوانين حماية المراعي الطبيعية وتبني تقنيات الحصاد المائي لإعادة إحياء الغطاء النباتي في البادية.

قائمة المصادر والمراجع (Comprehensive References List)

1. أبو ضيف، إيهاب (20189) فسلجة وتربية محاصيل العلف، جامعة القاهرة، جمهورية مصر العربية.

2. أكساد ACSAD (2021) - قاعدة بيانات القيمة الغذائية للمحاصيل العلفية في المناطق الجافة، دمشق، سوريا.

3. البديري، أحمد حاتم (2023)سلسلة أبحاث محاصيل العلف (استجابة الأصناف، معايير النمو الفسيولوجية، الاحتياجات المائية، طرق الزراعة، القيمة الغذائية، التوصيف الوراثي، التسميد الفسفوري، زراعة المحاصيل الملحية غير التقليدية، أثر المادة العضوية(مجلة المثنى للعلوم الزراعية، المجلد 11، الأعداد (1، 2، 3، 4، 5، 7، 8، 9، 10)

4. بحوث معهد الدراسات والإنمائية (2021)كفاءة محاصيل الذرة البيضاء في المناطق شبه الجافة، جامعة الخرطوم، السودان.

5. التميمي، سجاد محسن (2024) كفاءة استخدام المياه واستدامة الموارد العلفية وتطبيقات المعلمات الجزيئية في محاصيل العلف تحت نظم الري الحديثة. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد / ودار الكتب العلمية، بغداد.

6. جبر، ميثم علي (2021) كيمياء الأعلاف وتحليل القيمة الغذائية وكيمياء النباتات البرية. دار الفجر للنشر والتوزيع، البصرة.

7. حسين، محمد جاسم (2022) إدارة التربة والري واستدامة الغطاء النباتي في المناطق الجافة والملحية. منشورات جامعة المثنى، كلية الزراعة.

8. حمزة، كاظم (2021) فسيولوجيا التعافي والتداخل بين التسميد والإجهاد المائي في المحاصيل العلفية والبرسيم. مجلة كربلاء للعلوم الزراعية، المجلد 8، العدد (3)

9. الخفاجي، عامر محسن (2021) فسيولوجيا محاصيل الحقل: التحديات والمواجهة في البيئات المجهدة. دار الكتب الأكاديمية، بغداد.

10. الركابي، فالح وسعدون (2024) التقانات الحيوية والحديثة في تحسين محاصيل العلف، وإدارة مياه الري، وتكنولوجيا البذور، واستزراع البادية. منشورات جامعة المثنى، كلية الزراعة.

11. الزبيدي، ليث (2022) التغيرات الكيميائية الحيوية وتأثير موعد الحش في حشيشة السودان والجت. المجلة العراقية لعلوم المحاصيل.

12. السعدي، نصير (2022) كيمياء التمثيل الضوئي في النباتات الحقلية. جامعة الكوفة، كلية الزراعة.

13. سلطان، محمد (2025) استراتيجيات الأمن العلفي في ظل التغيرات المناخية في العراق. المجلة الدولية للعلوم الزراعية (تحت الطبع)

14. السماوي، عبد الله (2020) فسيولوجيا محاصيل المناطق الجافة. مكتبة التربية، السماوة، العراق.

15. السماوي، محمد (2020) إدارة محاصيل العلف تحت ظروف الإجهاد. منشورات جامعة المثنى، العراق.

16. عبيس، رعد وآخرون (2022) دور البكتيريا العقدية في تحسين نمو الجت في الترب الكلسية. مجلة جامعة بابل للعلوم الصرفة والتطبيقية.

17. المنصوري، هادي (2023)أصول إنتاج المحاصيل الحقلية: محاصيل العلف والمراعي، البقوليات، تربية المحاصيل، وإدارة وحفظ الأعلاف. مطبعة جامعة الكوفة.

18. المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2022) تقرير أوضاع الأمن الغذائي العربي، الخرطوم، السودان.

19. ياسين، طه (2023) تقانات إنتاج البذور، أساسيات فسيولوجيا المحاصيل المتقدمة، الأرصاد الجوية الزراعية، والبيوتكنولوجيا الزراعية وإدارة المناطق الجافة. المكتبة الوطنية، بغداد.

المؤلف في سطور:

عبداللطيف والي عبد الجياشي

مواليد 1981

دبلوم تربية اسلامية من معهد المعلمين المسائي

بكالوريوس علوم اسلامية من جامعة الامام الباقر(ع) للدراسات الدينية

بكالوريوس علوم زراعية من كلية الزراعة قسم المحاصيل الحقلية - جامعة المثنى

عضو نقابة المهندسين الزراعيين 2022

يعمل مدرس اعدادي في اعدادية اوروك المهنية المختلطة

أنجز المؤلف هذا العمل إبان دراسته للماجستير في تخصص الإنتاج النباتي - جامعة المثنى

#aljyashy81

تم بحمد الله ❖